



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**Y FORESTAL**



**“EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL DISTRITO DE CAMINACA -  
PERÚ, 2022”**

**Bach. Luis Humberto Castro Pacara**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

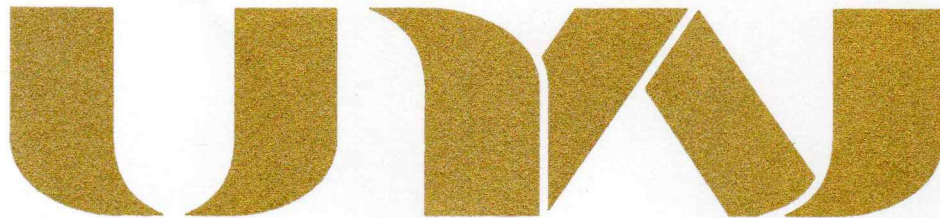
**Asesor: Dr. Wile Mamani Navarro**

Juliaca, 2023





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**Y FORESTAL**



**“EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL DISTRITO DE CAMINACA -  
PERÚ, 2022”**

**Bach. Luis Humberto Castro Pacara**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

**Asesor: Dr. Wile Mamani Navarro**

**Juliaca, 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
Y FORESTAL**



**“EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL DISTRITO DE CAMINACA –  
PERÚ, 2022”**

Bach. Luis Humberto Castro Pacara

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

Asesor: Dr. Wile Mamani Navarro

Juliaca, 2023

Castro, L. (2023). *Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Caminaca – Perú, 2022 (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Juliaca.

**AUTOR:** Luis Humberto Castro Pacara

**TÍTULO:** Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Caminaca – Perú, 2022.

**PUBLICACIÓN:** Juliaca, 2023.

**DESCRIPCIÓN:** Cantidad de páginas (121).

**NOTA:** Tesis (**Ingeniería Ambiental y Forestal**) – Universidad Nacional de Juliaca  
Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal.

**CÓDIGO:** 01-000028-01/C28

**NOTA:** Incluye bibliografía.

**ASESOR:** Dr. Wile Mamani Navarro.

**PALABRAS CLAVE:** Aguas residuales, eficiencia, coliformes termotolerantes, DBO<sub>5</sub> y DQO.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL

**“EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL DISTRITO DE CAMINACA –  
PERÚ, 2022”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y  
FORESTAL**

**Presentado por:**

Bach. Luis Humberto Castro Pacara

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

M.Sc. Eliana Mullisaca Contreras

**PRESIDENTE DE JURADO**

M.Sc. Godofredo Huanca Chambi

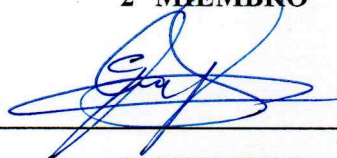
**JURADO (Secretario)**

M.Sc. Ebed David Paredes Rodríguez

**JURADO (Vocal)**



**2° MIEMBRO**



**3° MIEMBRO**



Dr. Wile Mamani Navarro  
**ASESOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres porque fueron siempre el motor, motivo e inspiración para el logro de mis objetivos, por estar siempre ahí en todo momento y por darme el respaldo necesario en todo ya que siempre confiaron en mí.*

*A mi querida hermana quién en todo momento incentivó a seguir mis sueños y objetivos, a salirme de la rutina diaria, apoyándome en grande y exigiéndome en no quedarme atrás.*

*A toda mi familia quienes confiaron en mi persona y apostaron por mi conocimiento y que hoy por hoy no los defraudaré.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco primero a Dios por la vida, por ser la esperanza que ayudó a que mi persona pueda cumplir este objetivo inicial y sobre todo por encaminarme por el camino correcto.*

*Agradezco a mis padres quienes me guiaron durante toda mi formación académica universitaria y que hoy por hoy siguen siendo los impulsores de mi vida.*

*Agradezco a la Universidad Nacional de Juliaca por ser mi casa superior de estudios y mi alma mater quien en sus aulas me acogió*

*Agradezco a la EPIAF por permitirme ser parte de ella.*

*Agradezco a todos mis docentes que inculcaron valores y motivaciones de superación en mi persona durante los 5 años de formación académica universitaria.*

*Finalmente agradezco a mi asesor y miembros del jurado por ser parte del desarrollo de esta tesis.*

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1. Identificación del problema .....	4
1.2. Formulación del problema .....	5
3.2.1. Problema general.....	5
3.2.2. Problemas específicos .....	5
1.3. Objetivos de investigación.....	5
3.2.3. Objetivo general .....	5
3.2.4. Objetivos específicos.....	6
1.4. Justificación .....	6
CAPÍTULO II.....	8
REVISIÓN DE LITERATURA .....	8
2.1. Antecedentes .....	8
3.2.5. Antecedentes internacionales .....	8
3.2.6. Antecedentes nacionales .....	9
3.2.7. Antecedentes regionales .....	11
2.2. Marco teórico .....	12
3.2.8. Características de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Caminaca.....	12
3.2.9. Caseta de operaciones .....	12
3.2.10. Desarenador.....	12
3.2.11. Cámara de rejillas .....	12
3.2.12. Desengrasador .....	13
3.2.13. Sedimentador.....	13

3.2.14. Tanque imhoff .....	13
3.2.15. Reactor biológico (filtro percolador).....	13
3.2.16. Humedal con macrófitas en flotación.....	13
3.2.17. Vertimiento.....	14
3.2.18. Tratamiento de aguas residuales .....	14
3.2.19. Evaluación.....	14
3.2.20. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	14
3.2.21. Demanda química de oxígeno (DQO).....	15
3.2.22. Coliformes termotolerantes .....	15
3.2.23. Sólidos totales en suspensión .....	15
3.2.24. Aceites y grasas.....	16
3.2.25. Eficiencia de una planta de tratamiento .....	16
3.2.26. Límites máximos permisibles para efluentes de aguas residuales .....	16
3.2.27. Protocolo de monitoreo de calidad de los efluentes de aguas residuales .....	17
3.2.28. Reglamento nacional de edificaciones .....	17
3.2.29. Factores inhibidores en tratamientos biológicos de aguas residuales .....	18
3.2.30. Tipos de tratamiento de aguas residuales .....	18
CAPÍTULO III .....	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1.    Ámbito de estudio .....	19
3.2.    Tipo, nivel y diseño de investigación .....	20
3.2.1. Tipo de investigación .....	20
3.2.2. Nivel de investigación.....	20
3.2.3. Diseño de investigación .....	21
3.3.    Hipótesis de la investigación .....	21
3.3.1. Hipótesis general .....	21
3.3.2. Hipótesis específicas .....	21

3.4.	Equipos y materiales .....	21
3.4.1.	Materiales para toma de muestras en campo.....	21
3.4.2.	Materiales para la determinación de la DBO <sub>5</sub> .....	22
3.4.3.	Materiales para la determinación de la DQO .....	23
3.4.4.	Materiales para la determinación de coliformes termotolerantes.....	23
3.4.5.	Materiales para la determinación de sólidos totales en suspensión .....	23
3.4.6.	Materiales para la determinación de aceites y grasas.....	24
3.5.	Metodología.....	24
3.5.1.	Determinación de concentración de parámetros: DBO <sub>5</sub> , DQO, coliformes termotolerantes, sólidos totales en suspensión y aceites y grasas. ....	24
3.5.2.	Determinación de la eficiencia de remoción de los parámetros.....	32
3.5.3.	Determinación de la relación existente entre la carga orgánica y patógena.....	32
3.5.4.	Análisis estadístico.....	32
CAPÍTULO IV .....		34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		34
4.1.	Concentraciones de los parámetros DBO <sub>5</sub> , DQO, coliformes termotolerantes, sólidos totales en suspensión y aceites y grasas en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca - Perú.....	34
4.1.1.	Comparación de los resultados finales de DBO <sub>5</sub> , DQO, Coliformes termotolerantes, Sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, temperatura y pH con los Límites máximos permisibles del DS N° 003 – 2010 - MINAM. ..	37
4.2.	Eficiencia de las unidades de procesos de tratamiento (tanque Imhoff, filtros percoladores y nave de macrófitas) de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca – Perú. ....	44
4.2.1.	Eficiencia de remoción de parámetros físicoquímicos y bacteriológicos en el tanque Imhoff. ....	44
4.2.2.	Eficiencia de remoción de parámetros físicoquímicos y bacteriológicos en los filtros percoladores.....	46

4.2.3. Eficiencia de remoción de parámetros físicoquímicos y bacteriológicos en la nave de macrófitas.....	48
4.2.4. Pruebas de análisis de varianza con eficiencias en las unidades de procesos de tratamientos.....	53
4.3. Influencia de la carga patógena (coliformes termotolerantes) en relación a la carga orgánica (DBO <sub>5</sub> y DQO) en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca - Perú.....	57
4.3.1. Regresión lineal simple de coliformes termotolerantes y DBO <sub>5</sub> .....	58
4.3.2. Regresión lineal simple de la coliformes termotolerantes y DQO.....	60
4.3.3. Regresión lineal simple de la DQO y DBO <sub>5</sub> .....	62
CAPÍTULO V .....	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	64
5.1. Conclusiones.....	64
5.2. Recomendaciones.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	66
ANEXOS.....	75

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1	Tabla de valores de eficiencia según sistema de tratamiento.....	17
Tabla 2	Coordenadas de los puntos monitoreo de aguas residuales.....	25
Tabla 3	Requisitos necesarios para la obtención de muestras.....	26
Tabla 4	Primer monitoreo de guas residuales .....	34
Tabla 5	Segundo monitoreo de aguas residules .....	35
Tabla 6	Tercer monitoreo de aguas residuales .....	36
Tabla 7	Tabla comparativa de resultados finales con valores de los límites máximos permisibles .....	37
Tabla 8	Eficiencia de remoción de parámetros de aguas residuales en el tanque Imhoff.....	45
Tabla 9	Eficiencia de remoción de parámetros de aguas residuales en filtros percoladores. ....	47
Tabla 10	Eficiencia de remoción de parámetros de aguas residuales en las naves de macrófitas.....	49
Tabla 11	Eficiencia en remoción de parámetros finales obtenidos de los monitoreos de aguas residuales.....	51
Tabla 12	Análisis de varianza (ANOVA) entre las unidades de procesos de tratamiento en eficiencia de DBO <sub>5</sub> .....	53
Tabla 13	Comparaciones múltiples entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de DBO <sub>5</sub> .....	54
Tabla 14	Análisis de varianza (ANOVA) entre las unidades de procesos de tratamiento en eficiencia de DQO .....	55
Tabla 15	Comparaciones múltiples entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de DQO.....	55
Tabla 16	Análisis de varianza (ANOVA) entre las unidades de procesos de tratamiento en eficiencia de Coliformes termotolerantes .....	56
Tabla 17	Comparaciones múltiples entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de Coliformes termotolerantes .....	57

Tabla 18	Resumen del modelo de regresión lineal simple entre los valores de coliformes termotolerantes y DBO <sub>5</sub> .....	58
Tabla 19	Coefficientes del modelo de regresión lineal simple entre valores de coliformes termotolerantes y DBO <sub>5</sub> .....	58
Tabla 20	Resumen del modelo de regresión lineal simple entre valores de coliformes termotolerantes y DQO .....	60
Tabla 21	Coefficientes del modelo de regresión lineal simple entre los valores de coliformes termotolerantes y DQO .....	60
Tabla 22	Resumen del modelo de regresión lineal simple entre los valores de DQO y DBO <sub>5</sub> .....	62
Tabla 23	Coefficientes del modelo de regresión lineal simple entre valores de DQO y DBO <sub>5</sub> .....	62

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de ubicación del área de estudio.....	20
Figura 2.	Flujograma para el monitoreo. ....	31
Figura 3.	Concentraciones finales de efluentes en DBO <sub>5</sub> comparadas con los LMP. ...	38
Figura 4.	Concentraciones finales de efluentes en DQO comparadas con los LMP. ....	39
Figura 5.	Concentraciones finales de efluentes en coliformes termotolerantes comparadas con los LMP. ....	40
Figura 6.	Concentraciones finales de efluentes en Sólidos totales en suspensión comparadas con los LMP. ....	41
Figura 7.	Concentraciones finales de efluentes en Aceites y grasas comparadas con los LMP.....	42
Figura 8.	Niveles finales de temperatura comparadas con los LMP. ....	43
Figura 9.	Niveles finales de pH comparadas con los LMP.....	44
Figura 10.	Ecuación de regresión lineal y línea de tendencia.....	59
Figura 11.	Ecuación de regresión lineal y línea de tendencia.....	61
Figura 12.	Ecuación de regresión lineal y línea de tendencia.....	63
Figura 13.	Muestras de agua residual tomadas en la planta de tratamiento de aguas residuales en Caminaca. ....	106
Figura 14.	Puntos de monitoreo en la planta de tratamiento de Caminaca.....	107
Figura 15.	Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca. ....	108

## ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1:	Protocolo nacional de monitoreo RM N° 273 – 2013 - VIVIENDA.....	75
Anexo 2:	Límites máximos permisibles D.S. N° 003 -2010 – MINAM. ....	80
Anexo 3:	Solicitud emitida al municipio de Caminaca para el ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales.....	82
Anexo 4:	Informe de ensayo del monitoreo realizado en septiembre.....	83
Anexo 5:	Cadena de custodia del monitoreo realizado en septiembre. ....	86
Anexo 6:	Informe de ensayo del monitoreo realizado en octubre .....	87
Anexo 7:	Cadena de custodia del monitoreo realizado en octubre. ....	90
Anexo 8:	Informe de ensayo del monitoreo realizado en noviembre. ....	91
Anexo 9:	Cadena de custodia del monitoreo realizado en noviembre.....	94
Anexo 10:	Certificado de calibración del multiparámetro (pHmetro).....	95
Anexo 11:	Certificado de calibración del multiparámetro (Termómetro digital).....	98
Anexo 12:	Planta de tratamiento de aguas residuales - Caminaca.....	101
Anexo 13:	Operacionalización de variables.....	102
Anexo 14:	Pruebas múltiples de Tukey y Duncan entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de DBO <sub>5</sub> .....	103
Anexo 15:	Pruebas múltiples de Tukey y Duncan entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de DQO.....	103
Anexo 16:	Pruebas múltiples de Tukey y Duncan entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de Coliformes termotolerantes. ....	104
Anexo 17:	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal simple entre los valores de coliformes termotolerantes y DBO <sub>5</sub> . ....	104
Anexo 18:	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal simple entre los valores de coliformes termotolerantes y DQO. ....	105
Anexo 19:	Análisis de varianza del modelo de regresión lineal simple entre los valores de DQO y DBO <sub>5</sub> . ....	105
Anexo 20:	Panel fotográfico del monitoreo.....	106

## RESUMEN

La creciente contaminación global del agua y la insuficiente eficacia en las plantas de tratamiento de aguas residuales plantean amenazas significativas en la salud pública al igual que en el entorno ambiental; la presente investigación tiene como objetivo determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, asimismo, para la obtención de las muestras se procedió con el protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las PTAR domésticas haciendo uso del método muestreo simple y por ende los parámetros evaluados son las siguientes: DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes termotolerantes (CTT), en sólidos totales en suspensión (STS) y aceites y grasas (AyG), obteniendo una eficacia de remoción por unidad de tratamiento los siguientes valores: en el tanque Imhoff se obtuvo un 62.90% en DBO<sub>5</sub>, 55.28% en DQO, 100% CTT, 54.58% en STT y 88.89% en AyG; en filtros percoladores se obtuvo 11.76% en DBO<sub>5</sub>, 11.06% en DQO, 46.09% en CTT, 30.59% en STT y 46.43% en AyG y en la nave de macrófitas se obtuvo 51.01% en DBO<sub>5</sub>, 53.40% en DQO, 97.81% en CTT, 73.10% en STT y -31.67% en AyG, por otro lado, la variabilidad de las eficiencias en las unidades de tratamiento fueron analizadas mediante ANOVA y las pruebas múltiples (Tukey y Duncan) dando como resultado la inexistencia de diferencia significativa entre las unidades de tratamiento, a su vez, se evaluó la relación entre la carga patógena y orgánica mediante regresión lineal obteniendo probabilidades del 53.5% y 49.5% de conexión entre estos factores. Finalmente, como dato final de la planta de tratamiento de aguas residuales se obtuvieron valores de eficiencia como 83.96% en DBO<sub>5</sub>, 81.46% en DQO, 99.99% en CTT, 91.52 % en STS y 92.16% en AyG, concluyendo de esta manera que la planta del distrito de Caminaca trabaja en óptimas condiciones.

**Palabras clave:** Aguas residuales, eficiencia, coliformes termotolerantes, DBO<sub>5</sub> y DQO.

## ABSTRAC

Increasing global water pollution and insufficient efficiency in wastewater treatment plants pose significant threats to public health as well as the environment; The objective of this research is to determine the efficiency of the wastewater treatment plant in the Caminaca district. Likewise, to obtain the samples, the protocol for monitoring the quality of effluents from domestic WWTPs was carried out using the method simple sampling and therefore the parameters evaluated are the following: BOD<sub>5</sub>, COD, thermotolerant coliforms (CTT), total suspended solids (STS) and oils and fats (AyG), obtaining a removal efficiency per treatment unit of the following values : in the Imhoff tank, 62.90% in BOD<sub>5</sub>, 55.28% in COD, 100% CTT, 54.58% in STT and 88.89% in AyG were obtained; In trickling filters, 11.76% in BOD<sub>5</sub>, 11.06% in COD, 46.09% in CTT, 30.59% in STT and 46.43% in AyG were obtained and in the macrophyte house, 51.01% in BOD<sub>5</sub>, 53.40% in COD, 97.81% in CTT, 73.10% in STT and -31.67% in AyG, on the other hand, the variability of the efficiencies in the treatment units were analyzed by ANOVA and multiple tests (Tukey and Duncan) resulting in the absence of a significant difference between the treatment units, in turn, the relationship between the pathogenic and organic load was evaluated through linear regression, obtaining probabilities of 53.5% and 49.5% of connection between these factors. Finally, as final data from the wastewater treatment plant, efficiency values such as 83.96% in BOD<sub>5</sub>, 81.46% in COD, 99.99% in CTT, 91.52% in STS and 92.16% in AyG were obtained, concluding in this way that the plant in the Caminaca district works in optimal conditions.

**Keywords:** Wastewater, efficiency, thermotolerant coliforms, BOD<sub>5</sub> and COD.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, cantidades inmensas de aguas residuales se vierten en los diferentes cuerpos de agua cada año debido a un tratamiento inadecuado (López et al., 2021), esto debido al continuo crecimiento de la misma población y a diferentes actividades realizadas por el hombre (Nevado, 2022), así mismo, los países que se encuentran en proceso de desarrollo presentan bajas tasas de tratamiento de aguas residuales respecto al total generado (Vargas, Calderón, Velásquez, Castro y Núñez, 2020) y de acuerdo a su origen, las aguas residuales sin tratar llevan consigo cantidades grandes de compuestos bacteriológicos y fisicoquímicos los cuales causan una variedad de enfermedades (Membrillo, 2022).

Un problema importante en el Perú, es la carencia del idóneo tratamiento de las aguas residuales, lo que conlleva la alteración de fuentes hídricas y amenaza la salud pública y los ecosistemas acuáticos, especialmente en lugares sin sistemas de alcantarillado (Paucar y Iturregui, 2020), asimismo, la implementación de sistemas de tratamiento combinados respaldada por un uso racional establecería una estrategia económicamente y socialmente viable para aprovechar eficazmente este recurso en el contexto de la economía peruana (Niquén, Vasquez, Hinojosa y Niquen, 2021).

La región Puno desde décadas atrás se vió agravada por el problema de la contaminación debido al crecimiento desigual de su población urbana y al mal manejo de las aguas residuales que son dispuestas en diversos cuerpos de agua (océanos, lagos, ríos y otros) con tratamientos discretos, afectando gravemente el medio ambiente y la salud humana (Tumi, Silva, Ticona, Sarmiento y Tumi, 2021).

La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Caminaca entra en funcionamiento en febrero del 2018 y desde entonces esta descarga sus aguas servidas en la cuenca del río Ramis (Municipalidad Distrital de Caminaca, 2018), motivo por el cual en la presente investigación se determina la eficiencia de esta planta de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de ver si la PTAR trabaja en óptimas condiciones, teniendo en cuenta que a todo monitoreo se reconoce como un instrumento importante para evaluar la vulnerabilidad de los ecosistemas a las actividades humanas (Galarza et al., 2021).

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Identificación del problema

Actualmente, a nivel mundial se tienen graves desafíos en la salud pública y el entorno ambiental en gran medida ocasionados por la contaminación del agua y la notoria carencia de infraestructuras de tratamiento para este recurso vital, en consecuencia, numerosos países se esfuerzan por descubrir enfoques genuinamente confiables, seguros y eficientes en consideración de los aspectos de costos y ventajas, para concretar la purificación y tratamiento de las aguas residuales (Gonzales, Zabaleta, Devia, Moya y Afanador, 2022), estas aguas residuales comúnmente llevan contaminantes orgánicos, sustancias patógenas y en mayor parte contienen residuos tóxicos, (López, Buitrón, García y Cervantes, 2017).

La principal fuente de contaminación hídrica en América latina, da inicio debido a la falta de tratamiento de las aguas residuales domésticas (Sancho, Rivera y Arce, 2018), más del 75% de las aguas residuales se vierten y/o descargan sin ningún tratamiento, el 40% de la población de América latina no está conectada a la red de alcantarillado al igual que la calidad del servicio e infraestructura es deficiente ya que estas suelen estar en malas condiciones debido a insuficiencias tanto en capacidad operativa como de recursos económicos (Silva, 2021).

En Perú, el mal tratamiento de las aguas residuales generan la contaminación hídrica dando lugar a uno de los mayores problemas ambientales (Custodio y Cháves, 2019), hasta octubre del año 2021, se tiene 202 plantas de tratamientos de aguas residuales, 171 actualmente se encuentran en funcionamiento, 4 en construcción y 27 en situación de obras paralizadas, actualmente solo 11, equivalente al 6% de las 171 en funcionamiento, generan efluentes que cumplen los límites máximos permisibles o estándares de calidad ambiental durante todos los meses del año (SUNASS, 2022).

La planta de tratamiento de aguas residuales de Caminaca se encuentra ubicada a 500 metros aproximadamente del río Ramis. Se estima que esta instalación presenta deficiencias por lo que la presente investigación pretende determinar la eficiencia

en remoción de carga orgánica y patógena, cabe resaltar que la operación de esta planta dio inicio en febrero de 2018 (Municipalidad Distrital de Caminaca, 2018) y hasta el año 2022 no se tiene fuente de información de los parámetros de descarga al río Ramis, el ministerio de salud recolectó información de los diferentes centros de salud sobre enfermedades gastrointestinales y anemia, como resultado, en el distrito de Caminaca se realizaron 47 evaluaciones a niños menores de 5 años, de estos, 16 equivalentes al 34% tienen problemas gastrointestinales (parasitarias) y anemia, concluyendo en dicho estudio que existe pésima calidad del recurso hídrico (Ministerio de salud, 2018).

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Cuál es la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca – Perú, 2022?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros de la DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes termotolerantes, sólidos totales en suspensión y aceites y grasas en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca – Perú?
- ¿Cuál es la eficiencia de remoción en las unidades de proceso de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca – Perú?
- ¿Cómo influye la carga patógena (coliformes termotolerantes) en relación a la carga orgánica (DBO<sub>5</sub> y DQO) en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca – Perú?

## **1.3. Objetivos de investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca – Perú, 2022.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar las concentraciones de los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes termotolerantes, sólidos totales en suspensión y aceites y grasas en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca - Perú.
- Determinar la eficiencia de las unidades de procesos de tratamiento (tanque imhoff, filtros percoladores y nave de macrófitas) de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca – Perú.
- Determinar la influencia de la carga patógena (coliformes termotolerantes) en relación a la carga orgánica (DBO<sub>5</sub> y DQO) en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca – Perú.

### **1.4. Justificación**

La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Caminaca se ejecutó según la resolución administrativa de la Autoridad nacional del agua en el año 2017 y fue entregada para su funcionamiento en el año 2018 (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017); así mismo, según los monitoreos realizados por la Autoridad nacional del agua se identificó que el río Rámis es contaminado por efluentes de aguas residuales encontrándose valores altos de coliformes termotolerantes 1100 NMP/100 mL superando los 20 NMP/100 mL establecidos en los estándares de calidad ambiental para agua subcategoría A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) emitidas en la normativa nacional vigente (Autoridad Nacional del Agua, 2017).

La tecnología usada en esta planta de tratamiento de aguas residuales de Caminaca fue mediante tratamientos biológicos contando con dos tanque imhoff, tres filtro percolador y 10 nave de macrófitas, los cuales según la normativa OS. 090, las plantas que cuenten con un sistema de tratamiento mediante filtros percoladores deberían de tener una eficiencia de remoción de carga orgánica del 50 a 90%, y sobre todo estas deberían ser eficientes en poblaciones pequeñas (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2009).

Las plantas de tratamientos con sistemas de filtros percoladores destacan sobre todo por sus bajos costos operativos a comparación con otras de tecnologías avanzadas, ya que estas necesitan menos recursos energéticos y productos químicos, a su vez, su sencillo mantenimiento, proveniente de un diseño simple y la carencia de componentes mecánicos complicados, ayudan a disminuir los costos a largo plazo, y su vida útil prolongada acorta la necesidad de reemplazar la infraestructura a corto plazo (Arevalo y Villa, 2023).

En lo social, la información adquirida, ayudará a validar la eficiencia de las unidades de tratamientos de aguas residuales de Caminaca, al mismo tiempo, permitirá ampliar y/o extender los conocimientos sobre procesos de tratamiento de aguas residuales domésticas, conseguirán servir como cimientos en próximos estudios relacionados al tema como una base de datos sólidos para que las autoridades competentes puedan a llegar a tomar medidas necesarias y por consiguiente realizar las acciones correctivas hacia el bien común de la población.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Pilco (2023), evaluó la planta de tratamiento en aguas residuales en "el Artezón" Cantón Píllaro - Ecuador, realizó diez repeticiones del monitoreo, obteniendo en ella valores significativos de DBO<sub>5</sub> 118 mg/L y DQO 236 mg/L y coliformes fecales 22166 NMP/100 mL. Así mismo, alcanzó una eficiencia de 89% en remoción de coliformes fecales. Concluyendo que los parámetros evaluados sobrepasan lo establecido en las normativas.

Tamay (2022), realizó la investigación de “evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San Andrés”, en el monitoreo de parámetros físico-químicos determinó los valores iniciales de DBO<sub>5</sub> de 230 mg/L y DQO de 525 mg/L y los valores finales en DBO<sub>5</sub> de 132.98 mg/L, DQO de 322.54 mg/L. A su vez, en el monitoreo microbiológico se obtuvo un valor inicial de coliformes fecales 9 100 NMP/100 mL y un valor final de 8 000 NMP/100 mL. Se concluyen que los parámetros sobrepasan su normativas.

Cardona (2022), en su investigación denominado “diagnóstico y evaluación del estado de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas – central del municipio de Guadalupe, Antioquia”, mediante la metodología descriptiva, a partir de información existente de la planta de tratamiento de aguas residuales, obtuvo valores de DBO<sub>5</sub> de 51.8 mg/L en el 2019 y 57.2 mg/L en el 2020, al igual que un valor de coliformes totales de 17 329 000 NMP/100 mL y 4 8840 000 NMP/100 mL en el 2019, incumpliendo su normativa nacional.

Carrasco (2022), evaluó una “planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Moraspungo, Cantón Pangua”, en el monitoreo de parámetros físico-químicos determinó los valores iniciales de DBO<sub>5</sub> 116.66 mg/L, DQO de 281.6 mg/L y sólidos suspendidos 274 mg/L, valores finales de DBO<sub>5</sub> de 73.01 mg/L, DQO de 167.6 mg/L y sólidos suspendidos 98 mg/L. Así mismo estos valores últimos están por debajo de la normativa ecuatoriana.

Solís (2021), realizó la investigación de “evaluación de la eficiencia del sistema alternativo de tratamiento de aguas residuales de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Costa Rica (SATAR-UNA) en la remoción de parámetros microbiológicos”, en el monitoreo físico-químico determinó valores iniciales de DBO<sub>5</sub> 107.25 mg/L y DQO de 246 mg/L y valores finales de DBO<sub>5</sub> de 12.25 mg/L y DQO de 41.25 mg/L, así mismo en el monitoreo microbiológico se obtuvo una remoción de 51.9% para coliformes fecales y 50.9% en *Escherichia coli*, estos valores últimos están por encima de lo establecido en la normativa.

Gómez (2020), evaluó la “eficiencia de tres plantas de tratamiento de aguas residuales, en el área del lago San Pablo, Cantón Otavalo”, obtuvo como resultado en la planta de San Pablo los siguientes valores finales de DBO<sub>5</sub> de 10.54 mg/L, DQO de 24.4 mg/L y coliformes fecales 33 000 NMP/100 mL, en la planta de Araque se obtuvo DBO<sub>5</sub> 10.51 mg/L, DQO 25.4 mg/L y coliformes fecales 130 000 NMP/100 mL, por último en la planta Cuaraburo se analizó DQO 84.51 mg/L, todos estos valores indican resultados confiables acerca del funcionamiento y la eficiencia, debido a que cumplió con los estándares requeridos.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Amambal (2023), evaluó la “planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Contumazá”, obteniendo valores finales en DBO<sub>5</sub> de 367.95 mg/L, DQO de 474.05 mg/L y coliformes termotolerantes de 7 533 333 NMP/100 mL, estos valores sobrepasan los límites máximos permisibles, a su misma vez, obtuvo eficiencias en DBO<sub>5</sub> de 10.93%, DQO 23.15% y coliformes termotolerantes 95.40%.

Nevado (2022), evaluó la “eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Cayaltí en Lambayeque”, usando la metodología del protocolo nacional de monitoreo, realizó monitoreos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en los cuales obtuvo los siguientes valores: en DBO<sub>5</sub> de 95 mg/L, DQO 142 mg/L y coliformes termotolerantes 4 600 000 NMP/100 mL, se observa que los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO están por debajo de la normativa, pero el valor de coliformes sobrepasa los LMP establecidos.

Palacin (2021), realizó un trabajo de investigación titulado “evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la unidad minera Chinalco”, usando el método establecido en el protocolo nacional de monitoreo, evaluó varios parámetros y dentro de éstas se encuentran los siguientes: DBO<sub>5</sub>, DQO y coliformes termotolerantes, y como resultado se obtuvo los siguientes valores: DBO<sub>5</sub> de 184 mg/L, DQO 372 mg/L y coliformes termotolerantes 3 300 000 NMP/100 mL, estos valores sobrepasan los límites máximos permisibles, mostrando así una escasa eficiencia.

Auccatinco (2021), realizó un trabajo de investigación titulado “evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata”, usando el método del protocolo nacional de monitoreo, obteniendo como valores finales los siguientes: en DBO<sub>5</sub> de 133 mg/L, DQO 274 mg/L y coliformes termotolerantes 10 000 NMP/100 mL, estos valores sobrepasan los límites máximos permisibles, mostrando así baja eficiencia en remoción.

Cueva y García (2021), evaluaron la “eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en una empresa minera en Cajamarca”, determinando diversos parámetros y entre ellos los principales tales como la DBO<sub>5</sub>, DQO y coliformes termotolerantes, registrando los siguientes resultados respectivamente: DBO<sub>5</sub> < 2.6 mg/L, DQO 109.5 mg/L y coliformes termotolerantes de 1.8 NMP/100 mL, de esta manera concluyen que no se sobrepasan lo establecido en los límites máximos permisibles de la normativa nacional.

Mellado (2019), en su investigación titulada “determinación de la eficiencia de tres especies macrófitas para el tratamiento de aguas residuales domésticas”, en ella usó las siguientes especies: *Schoenoplectus americanus* (junco), *Phragmites australis* (carricillo) y *ypha domingensis* (totora), obteniendo resultados de eficiencia en remoción de DBO<sub>5</sub> de 87% , 83.4% y 86.7%, respectivamente, DQO 70.12%, 72.85% y 70.37%, y aceites y grasas 97.29%, 95.91% y 97.10%, sólidos totales en suspensión 96.70%, 96.51 % y 95.47%.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Urviola (2022), realizó un trabajo de investigación titulado evaluación ecotoxicológica de los efluentes de la laguna de oxidación El Espinar, en la bahía interna del lago Titicaca de la ciudad de Puno, evaluó varios parámetros y dentro de éstas se encuentran los siguientes a considerar: DBO<sub>5</sub>, DQO y coliformes termotolerantes, y como resultado final determinó los siguientes valores: DBO<sub>5</sub> de 928.5 mg/L, DQO 1327.6 mg/L y coliformes termotolerantes 790 000 000 NMP/100 mL, estos valores sobrepasan en mucho los LMP.

Membrillo (2022), determinó la “eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta Cumani – Antauta”, realizó monitoreos de los carga orgánica y carga patógena en la cuales obtuvo los siguientes valores: en DBO<sub>5</sub> de 2 mg/L, DQO 19 mg/L y coliformes termotolerantes 1.8 NMP/100 mL, se observa que todos estos valores obtenidos están debajo de lo establecido en los LMP, dando a entender que la planta Cumani es eficiente.

Callata (2021), realizó un trabajo de investigación denominado “evaluación y propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales de la localidad del distrito de Taraco – Puno”, en ella evaluó los parámetros físico químicos y microbiológicos de los sistemas de tratamiento existentes, en donde obtuvo resultados finales de DBO<sub>5</sub> 386.67 mg/L, DQO de 966.67 mg/L y coliformes termotolerantes de 11 500 NMP/100 mL, los cuales son valores que sobrepasan los límites máximos permisibles, por lo tanto, el nivel de contaminación tiende a ser elevado.

Apaza (2021), evaluó “la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José”, realizó monitoreos con tres repeticiones en diferentes tiempo, teniendo como resultados los siguientes: en el primer monitoreo se obtuvo una DBO<sub>5</sub> 123 mg/L y DQO 279 mg/L y coliformes termotolerantes 14 440 NMP/100 mL, en el segundo monitoreo obtuvo DBO<sub>5</sub> 122 mg/L y DQO 287 mg/L y coliformes termotolerantes 13 660 NMP/100 mL, y en el tercer monitoreo obtuvo DBO<sub>5</sub> 121 mg/L y DQO 278 mg/L y coliformes termotolerantes 14 170 NMP/100 mL, en todos los casos se aprecia que sobrepasan lo establecido en los límites máximos permisibles, mostrando así una eficiencia precaria.

Paricahua (2018), al evaluar “la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Ayaviri”, obtuvo como resultado; DBO<sub>5</sub> 184.57 mg/L inicial y 67.58 mg/L salida; DQO 420.43 mg/L inicial y 184.57 mg/L salida; estos resultados se encuentra por debajo de lo establecido en los límites máximos permisibles, en coliformes termotolerantes, 108 000.000 inicial NMP/100 mL y 1 500.000 NMP/100 mL salida, por lo tanto, sobrepasa los LMP de la normativa nacional.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Características de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Caminaca**

La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Caminaca entró en funcionamiento desde el año 2018, beneficiando aproximadamente a una población de 3857 habitantes (Municipalidad Distrital de Caminaca, 2018).

### **2.2.2. Caseta de operaciones**

Es una unidad donde se reserva, fuentes de agua limpia, laboratorio rudimentario, baño y ducha, herramienta. Deseable tener electricidad y teléfono (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

### **2.2.3. Desarenador**

Es una obra hidráulica diseñada con el objeto de apartar arenas y sólidos suspendidos en el agua del alcantarillado, esto por medio de un proceso de sedimentación (Aquino y Barrientos, 2022), para de esta manera preservar las bombas u otros equipos contra el desgaste y poder evadir las sobrecargas en las siguientes fases de tratamiento (Ramos, 2019).

### **2.2.4. Cámara de rejas**

Consiste en una estructura de llegada, las cribas de limpieza mecánica retienen los sólidos gruesos y asimismo se pueden considerar un medidor de caudal para registrar la variación de los flujos que ingresan a la planta (Cedron y Cribilleros, 2017).

### **2.2.5. Desengrasador**

Es el proceso donde se eliminan grasas, espumas y materiales flotantes más ligeros del agua. Es una separación de sólido-líquido (separación de grasas sólidas del agua). Se eliminan las grasas a través de insuflación de aire que ayuda a desmenuar las grasas y mejorar la flotabilidad (Ramos, 2019).

### **2.2.6. Sedimentador**

Es el proceso físico mediante el cual los sólidos en suspensión existentes en el agua son removidas o separadas del fluido, debido al efecto de la gravedad. Dichas partículas deberán ser más densas que el agua, y el resultado que se obtenga será un fluido clarificado y una suspensión más concentrada (Rivera, 2017).

### **2.2.7. Tanque imhoff**

Es un tipo de tanque para aguas residuales que recibe y procesa aguas. Es posible que tengan formas rectangulares o incluso circulares, y tienen una cámara superior donde las aguas residuales transcurren durante su tiempo de sedimentación, y una cámara inferior en donde las sustancias sedimentadas por gravedad se mantienen en condiciones de calma para su descomposición anaeróbica (Escalante y Ruiz, 2016), estas se utilizan como método principal de tratamiento de aguas residuales con el fin de reducir las cantidades de sólidos en suspensión, ya sean flotantes o sedimentables. (José, 2020).

### **2.2.8. Reactor biológico (filtro percolador)**

Es un lecho de medios filtrantes compuestos por piedras porosas, plásticos o tablas de madera por donde el agua residual pasa continuamente (Aquino y Barrientos, 2022). Los procesos unitarios que intervienen son similares a los de procesos tradicionales de lodos activados. Ambos sistemas intervienen la mezcla, reacción y sedimentación (García y Neyra, 2018).

### **2.2.9. Humedal con macrófitas en flotación**

Es un tipo de humedal donde las raíces de las macrófitas se encuentran flotando en el cuerpo de agua residual, así mismo estas especies de plantas operan como humedal de flujo superficial (Saavedra, 2017). En la etapa de crecimiento, éstas absorben e incorporan los nutrientes dentro de su estructura y actúan como

sustrato para los microorganismos que promueven la asimilación de estos nutrientes a través de transformaciones químicas, incluyendo nitrificación y desnitrificación (Martelo y Lara, 2020).

#### **2.2.10. Vertimiento**

Es la disposición final de cualquier residuo líquido, ya sea doméstico, industrial, urbano, agrícola o minero. Estas se disponen mediante redes de alcantarillado que se encuentran cerca de quebradas, ríos, lagunas, lagos y mares (Ruiz y Ruiz, 2019).

#### **2.2.11. Tratamiento de aguas residuales**

La mayoría de las aguas residuales son producidas en el ámbito municipal por la que requieren de tratamiento apropiado, antes de reutilizarlos o de su disposición final (Atoche, 2016), y el tratamiento de éstas consiste en remover los compuestos tóxicos que tienen efectos nocivos para la salud y el medio ambiente, el cual confirme que el agua que es diluida a los cuerpos receptores, esté dentro de las normales legales del país, preservando así la salud y el bienestar de una sociedad en general (Martinez, 2016).

#### **2.2.12. Evaluación**

Implica realizar una serie de mediciones y análisis frente a parámetros, estándares y métodos preestablecidos que permiten el control y gestión adecuados de un proceso o sistema de procesos. Incluye actividades de seguimiento, inspección, seguimiento y control (Vilca, 2017).

#### **2.2.13. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos existentes para oxidar la materia orgánica degradable en situaciones aeróbicas aplicables a muestras de aguas residuales hasta obtener bióxido de carbono y agua como productos finales y todo esto bajo condiciones controladas (Barrera, 2018), por otro lado, es un parámetro necesario para estabilizar de manera biológica las sustancias orgánicas en agua, el diseño de instalaciones de tratamiento biológico, la evaluación de la eficiencia en unidades de tratamiento y la determinación de la carga orgánica admisible en fuentes receptoras (León, 2018).

#### **2.2.14. Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es una medición indirecta el cual es usado a menudo para medir contaminantes en el agua y de esta manera estimar la fuerza de los desechos generados en las aguas residuales municipales e industriales (Barrera, 2018), a su vez, se utiliza para medir el equivalente de oxígeno de sustancias orgánicas que pueden oxidarse químicamente con reactivos químicos fuertemente oxidantes (generalmente dicromato de potasio) en ambiente ácido y a altas temperaturas (León, 2018).

#### **2.2.15. Coliformes termotolerantes**

Se le conocen así debido a que tienen la peculiaridad de ser capaces de fermentar lactosa a temperaturas altamente elevadas, de casi 44 y 45°C (Centeno y Quispe, 2021), en gran parte son representados por *Escherichia coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae* (Sotil, 2017). Además, los coliformes termotolerantes también se encuentran en aguas ricas en materia orgánica, como aguas residuales industriales o material vegetal, así como en suelos en descomposición, igualmente, son *enterobacteriaceae* lactosa positivas, que forman grupos de bacterias definido en su mayoría por las pruebas utilizadas en el aislamiento que, por razonamientos de clasificación, se originan a partir de heces de organismos contaminados con estos patógenos. (Diaz, 2018).

#### **2.2.16. Sólidos totales en suspensión**

Los sólidos totales en suspensión (STS) son una medida de cantidad de partículas sólidas que están suspendidas en el agua, estos sólidos consisten en partículas diminutas, como sedimentos, materia orgánica en descomposición, arcilla, arena, microorganismos y más compuestos que se hallan en el agua residual, asimismo, los STS también cumplen un rol importante en la evaluación de la calidad del agua y constituyen un parámetro fundamental en el análisis de las aguas residuales (Howe y Hand, 2012).

### **2.2.17. Aceites y grasas**

Estas sustancias (AyG) poseen similar composición química al estar elaborados a partir de grupos de alcohol o glicerina mezclados con grupos de ácidos grasos, asimismo, su estado físico, ya sea líquido o sólido a temperatura ambiente, determina si son aceites o grasas. Cuando estos AyG no se eliminan de las descargas, pueden crear leves capas superficiales que alteran la vida acuática al interferir con las especies que habitan en el agua, conformando presencia de sustancias flotantes en el agua residual (Molina, 2015).

### **2.2.18. Eficiencia de una planta de tratamiento**

Hace referencia a su habilidad para eliminar de manera eficiente los contaminantes y/o sustancias no deseadas del agua residual, garantizando de esta manera la exigencia de estándares de calidad del agua emitidos en la normativa nacional vigente. Al mismo tiempo, busca minimizar los costos operativos y promover la sostenibilidad ambiental (Vesilind, Eliassen y Boswell, 2012).

$$E = \frac{S_0 - S_f}{S_0} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

E: Eficiencia de remoción (%).

$S_f$ : Agua residual tratada (efluente).

$S_0$ : Agua residual cruda (afluente).

### **2.2.19. Límites máximos permisibles para efluentes de aguas residuales**

Bajo el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, emitido por el Ministerio del ambiente se aprobó “los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales”, los cuales sirven como instrumento para regular el control de efluentes en las diferentes plantas de tratamientos existentes en el país, en estas considera siete parámetros a evaluar, los cuales son: sólidos totales en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes termotolerantes, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, temperatura y pH (Ministerio del ambiente, 2010).

### 2.2.20. Protocolo de monitoreo de calidad de los efluentes de aguas residuales

Mediante Resolución ministerial N° 273-2013-VIVIENDA, emitido por el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, se aprobó el “Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales”, en la cual se menciona los pasos a seguir y las consideraciones a tomar para la obtención de muestras en el monitoreo a realizarse (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2015).

### 2.2.21. Reglamento nacional de edificaciones

Mediante el Decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, emitido por el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, se aprobó el “Reglamento nacional de edificaciones” dentro de su contenido, se tiene un capítulo específico en donde estable las consideraciones a tomar para el diseño y construcción de una planta de tratamiento, esta es conocida como la Norma OS. 090 “Plantas de tratamiento de aguas residuales” (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2006).

Tabla 1

*Tabla de valores de eficiencia según sistema de tratamiento.*

Proceso de tratamiento	Remoción (%)		Remoción ciclos log <sub>10</sub>	
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helminetos
Sedimentación primaria	25 - 30	40 - 70	0 - 1	0 - 1
Lodos activados (a)	70 - 95	70 - 95	0 - 2	0 - 1
Filtros percoladores (a)	50 - 90	70 - 90	0 - 2	0 - 1
Lagunas aireadas (b)	80 - 90	(c)	1 - 2	0 - 1
Zanjas de oxidación (d)	70 - 95	80 - 95	1 - 2	0 - 1
Lagunas de estabilización (e)	70 - 85	(c)	1 - 6	1 - 4

Donde: (a) precedidos y seguidos de sedimentación, (b) incluye laguna secundaria, (c) dependiente del tipo de lagunas, (d) seguidas de sedimentación, (e) dependiendo del número de lagunas y otros factores.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

### **2.2.22. Factores inhibidores en tratamientos biológicos de aguas residuales**

En los diferentes métodos de tratamiento la simple presencia de sustancias tóxicas, temperaturas muy altas o muy bajas y concentraciones insuficientes de oxígeno pueden inhibir la actividad de las bacterias heterotróficas aeróbicas lo que reduce la degradación de DBO, al igual que la aplicación de ciertas sustancias químicas (fertilizantes, plaguicidas, etc.) y circunstancias de choque de carga pueden tener efectos perjudiciales similares (Fernández, Vázquez y Martínez, 2002).

### **2.2.23. Tipos de tratamiento de aguas residuales**

Los tratamientos en aguas residuales, están constituidas en diferentes grupos, dentro de ellos tenemos a los tratamientos primarios el cual considera el uso de las operaciones físicas para eliminar sólidos sedimentables y flotantes existentes en las aguas residuales sobre todo los de gran tamaño, el tratamiento secundario involucra procesos biológicos y químicos empleados con el fin de reducir o eliminar en lo posible la mayor cantidad de materia orgánica y finalmente el tratamiento terciario conlleva una combinación de procesos adicionales y operaciones unitarias para eliminar remanentes existentes posterior al tratamiento secundario (Metcalf y Eddy, 2000)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ámbito de estudio

La evaluación se llevó a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del distrito de Caminaca, provincia de Azángaro, departamento de Puno, ubicada a una longitud Oeste: 70° 04' 20" y latitud sur 15° 19' 26" (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2023).

**Altitud:** La altitud del distrito de Caminaca está comprendida dentro de los pisos ecológicos Suni, entre los 3600 a 3900 m.s.n.m., por ende, su altitud local varía entre un rango de 3865 – 3830 m.s.n.m. y en el caso del capital del distrito esta sobre 3857 msnm (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018).

**Extensión:** El distrito de Caminaca cuenta con una extensión de 146.88 km<sup>2</sup> el cual representa solo el 2.96% de la superficie provincial, este distrito es de escasa extensión en referencia a otros distritos de la provincia de Azángaro (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018).

Los límites del área en estudio son los siguientes:

- Norte : Distrito de Arapa.
- Sur : Provincia de San Román.
- Este : Distrito Samán.
- Oeste : Distrito de Achaya y Calapuja provincia de Lampa.

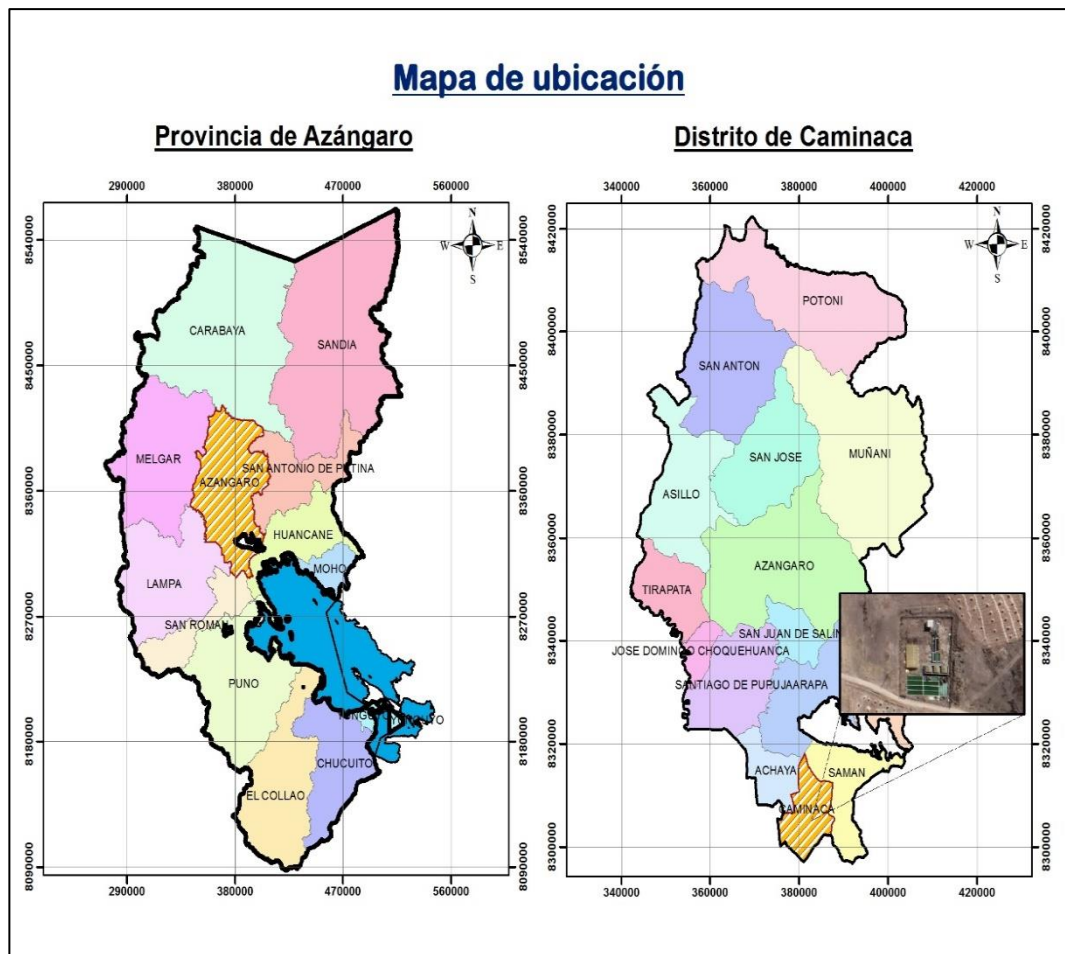


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

### 3.2. Tipo, nivel y diseño de investigación

#### 3.2.1. Tipo de investigación

El enfoque de este trabajo de investigación es cuantitativo ya que el estudio recopilará y analizará datos (Otero, 2018). El tipo de investigación viene a ser aplicada ya que durante el estudio se hará distinciones tales como saber y hacer, conocimiento y práctica, mediante las tomas de decisiones (Vargas, 2016).

#### 3.2.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es de naturaleza explicativo, ya que los fenómenos serán explicados por efectos, es decir, el establecimiento de relaciones causales, lo que permite evidenciar, razonar y justificar (Hernández, Fernández y Baptista, 2015).

### **3.2.3. Diseño de investigación**

El diseño es de tipo no experimental de diseño causal o ex post facto porque no se tiene el control directo sobre la variable independiente (Otero, 2018).

## **3.3. Hipótesis de la investigación**

### **3.3.1. Hipótesis general**

- La planta de tratamientos de aguas residuales domésticas en el distrito de Caminaca tiene una eficiencia inferior al rango de 50 a 90% establecido en el reglamento nacional de edificaciones - Norma OS.090.

### **3.3.2. Hipótesis específicas**

- Las concentraciones de los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes termotolerantes, sólidos totales en suspensión y aceites y grasas en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca se encuentran por encima de los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM.
- La eficiencia en las unidades de procesos de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, tienden a ser deficientes ya que no alcanzan la remoción del 50% del contaminante residual.
- Las concentraciones de la carga orgánica (DBO<sub>5</sub> y DQO) tienen una relación superior al 80 % en razón a la carga patógena (coliformes termotolerantes) en las diferentes unidades de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca.

## **3.4. Equipos y materiales**

### **3.4.1. Materiales para toma de muestras en campo**

#### **A. Materiales**

- 4 frascos de plástico de 1 000 mL para DBO (polipropileno marca disenplast).
- 8 frascos de plástico de 100 mL para DQO y STS (polipropileno marca disenplast).
- 4 frascos de plástico de 250 mL para coliformes termotolerantes (polipropileno marca disenplast).

- 4 frascos de vidrio ámbar de 1 000 mL para aceites y grasas.
- 1 transportador de muestras (cooler marca klimber).
- Guantes de latex (marca mediglove).
- Zapato de seguridad.
- Respirador de cartuchos de gas.
- Chaleco.
- Cuaderno de apuntes.

#### **B. Equipos**

- GPS, Marca Garmin, Modelo MAP 64SC.
- Cámara fotográfica, Marca Cannon, Modelo LENS 3x.

#### **C. Instrumentos**

- pH-metro, digital Marca Hanna, Modelo HI 98107.
- Termómetro, Marca: Hakusa, Modelo: HW-521.

### **3.4.2. Materiales para la determinación de la DBO<sub>5</sub>**

#### **A. Materiales**

- Frascos de Winkler.
- Buretas.
- Pipetas.
- Matraces.
- Balanza analítica.

#### **B. Reactivos o soluciones**

- Solución de tampón fosfato.
- Solución de sulfato de magnesio.
- Solución de cloruro de calcio.
- Solución de cloruro férrico.
- Soluciones ácidas y básicas.
- Solución de sulfito sódico.
- Inhibidor de nitrificación.
- Solución de cloruro de amonio.

### **3.4.3. Materiales para la determinación de la DQO**

#### **A. Materiales**

- Tubos de ensayo o cubetas.
- Espectrofotómetro o colorímetro.
- Pipetas.
- Agitador o vortex.
- Cronómetro o reloj.

#### **B. Reactivos o soluciones**

- Solución de digestión (mezcla entre dicromato de potasio, ácido sulfúrico y sulfato de mercurio).
- Ácido sulfúrico.
- Ácido sulfámico.
- Ftalato de hidrógeno de potasio patrón.

### **3.4.4. Materiales para la determinación de coliformes termotolerantes**

#### **A. Materiales**

- Tubos de fermentación.
- Incubadora.
- Pipetas.
- Campana de Durham.
- Baño de agua.
- Termómetro.

#### **B. Reactivos y medio de cultivos**

- Medio líquido de lauril triptosa (preparado con tryptosa, lactosa, fosfato de hidrógeno dipotasio, cloruro de sodio, lauril sulfato de sodio y aguas destilada).
- Medio de lactosa (preparado con extracto de buey, peptona, lactosa y agua destilada).

### **3.4.5. Materiales para la determinación de sólidos totales en suspensión**

#### **A. Materiales**

- Fibra de vidrio.
- Disco de filtrado.
- Porta filtros y embudos.

- Bomba o matraz de succión.
- Balanza analítica.
- Estufa de secado.

### **3.4.6. Materiales para la determinación de aceites y grasas**

#### **A. Materiales**

- Matraces Erlenmeyer o frascos.
- Papel de filtro o matraz de filtro de vidrio sinterizado.
- Columnas de extracción Soxhlet o sistema de extracción continua.
- Bomba de extracción.
- Baño de calentamiento.
- Evaporador rotativo o sistema de evaporación.
- Mufla o horno de secado.
- Balanza analítica.

#### **B. Reactivos o soluciones**

- n-Hexano.
- Gel de sílice con ácido sulfúrico concentrado.

### **3.5. Metodología.**

#### **3.5.1. Determinación de concentración de parámetros: DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes termotolerantes, sólidos totales en suspensión y aceites y grasas.**

##### **a. Procedimiento para la toma de muestras**

Se tomaron muestras de agua siguiendo el “protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de las aguas residuales domésticas o municipales” establecidos en la normativa nacional (Ministerio de vivienda, construcción y Saneamiento, 2015), igualmente los Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y aguas residuales (APHA - AWWA - WPCF, 2017), con el objeto de encontrar resultados confiables.

Los puntos de monitoreo fueron cuatro: P1 entrada del agua (afluente) a la planta de tratamiento de agua residual, P2 salida del tanque Imhoff, P3 salida de los reactores biológicos y P4 en la salida de los humedales macrófitas (salida del efluente al cuerpo receptor), las cuales tuvieron 3 repeticiones

distribuidos en los meses de septiembre, octubre y noviembre para tener mayor confiabilidad en el análisis de resultados (ver anexo 10, planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca).

Tabla 2

*Coordenadas de los puntos monitoreo de aguas residuales.*

Puntos	Ubicación de puntos	Coordenadas (UTM)	
		Este	Norte
P1	Ingreso a los tanques imhoff (afluente)	385221	8304663
P2	Salida de los tanques imhoff e ingreso a los filtros percoladores	385221	8304655
P3	Salida de los filtros percoladores e ingreso a las naves de macrófitas	385228	8304648
P4	Salida de las naves de macrófitas (efluente)	385222	8304632

Las muestras fueron obtenidas a un tercio de la profundidad de la superficie del agua, impidiendo así tomar la muestra cerca de la superficie, asimismo, durante el muestreo, se eludió partículas grandes, objetos líquidos y sedimentos recolectados en el sitio de muestreo, por otro lado, el pH y la temperatura son evaluados insitu (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2015).

Para captar la muestra se usó recipientes de plástico de 100 mL, 250 mL y 1000 mL de volumen acorde al parámetro a evaluar con cierre hermético y limpio. A continuación, las botellas se etiquetan con letras claras y fáciles de leer (Ministerio de vivienda, construcción y Saneamiento, 2015).

Tabla 3

*Requisitos necesarios para la obtención de muestras.*

Determinación / parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
<b>Fisicoquímico</b>				
Temperatura	P, V	1 000 mL	No	15 min
pH		50 mL	No	15 min
DBO <sub>5</sub>	P, V	1 000 mL	Refrigerar a 4 °C	48 horas
DQO	P, V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2, refrigerar a 4 °C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1 000 mL	Agregar HCL hasta pH < 2, refrigerar a 4 °C	28 días
Sólidos totales en suspensión	P, V	100 mL	Refrigerar a 4 °C	7 días
<b>Microbiológico</b>				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4 °C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Leyenda: P = frasco de plástico o equivalente

V = frasco de vidrio

*Fuente:* Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, R.M. 273 - 2013.

Se realizó un muestreo simple, tomada en una determinada hora y analizada el mismo día en el laboratorio Paz Laboratorios S.R.L., de esta manera se obtuvo una muestra representativa y/o precisa del efluente y afluente en cada unidad de tratamiento en la PTAR de Caminaca (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (Método Winkler):** Para determinar las concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en las unidades de tratamientos, se procedió con los protocolos establecidos por

la empresa Paz Laboratorios S.R.L., basados en los métodos “normalizados para análisis de aguas potables y residuales Ed: 2017. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): prueba de DBO de 5 días” (SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 2017).

Este método, es el procedimiento titulométrico más fiable y exacto para analizar el oxígeno disuelto para lo cual se prepararon los siguientes reactivos para el análisis de la muestra: solución de sulfato de magnesio, solución de tampón fosfato, solución de cloruro de calcio, solución de cloruro férrico, soluciones ácidas y básicas, solución de sulfito sódico, inhibidor de nitrificación y solución de cloruro de amonio; para iniciar se agrega una solución de manganeso divalente a un tubo de ensayo con un tapón de vidrio, seguido de una base fuerte, en esta situación, el oxígeno disuelto oxida rápidamente cantidades similares del precipitado de hidróxido de manganeso divalente disperso a hidróxido de manganeso de mayor valencia, asimismo, en presencia de los iones de yoduro en soluciones ácidas, el manganeso oxidado vuelve al estado divalente, liberando yodo equivalente al contenido de oxígeno disuelto original, a su vez, se titula el yodo con una solución estándar de tiosulfato, hasta llegar a un cambio de color el cual se observa visualmente con un indicador de almidón. Finalmente se incubó los frascos sobrantes por 5 días a 20 °C y en poca iluminación para posteriormente realizar los mismos procedimientos (adición de reactivos y titulación) y así determinar el OD<sub>2</sub>.

Para calcular la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$DBO_5(mgO_2dis/L) = \frac{OD_1 - OD_2}{P} \quad (2)$$

Donde:

$OD_1$  : Contenido inicial de Oxígeno disuelto.

$OD_2$  : Contenido final de Oxígeno Disuelto.

P : Porción de la muestra analizada.

- **Demanda química de oxígeno (Método colorimétrico):** Para determinar la concentración de la demanda química de oxígeno (DQO) en las unidades de tratamientos, se procedió con los protocolos establecidos por la empresa Paz Laboratorios S.R.L., basados en los “métodos normalizados para análisis de aguas potables y residuales Ed: 2017. Demanda Química de Oxígeno, Reflujo Cerrado, Método Colorimétrico” (SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 2017).

El método de espectrofotometría o colorimétrico es uno de los más recomendados debido a su mayor capacidad oxidante, así como su aplicabilidad a mayores variedades de muestras y a su sencilla manipulación, para ello son necesarios los siguientes reactivos: solución de digestión, ácido sulfúrico, ácido sulfámico y ftalato de hidrógeno de potasio patrón; el procedimiento da inicio con la determinación de la reducción del dicromato invirtiendo la muestra enfriada y el estándar en repetidas ocasiones para permitir que los sólidos se asienten para posteriormente medir la absorbencia, a su vez, se da toques suaves para eliminar los sólidos adheridos a las paredes de los envases, posterior a ello, se coloca un tubo cerrado desde la entrada del espectrofotómetro y ajustado a un camino de luz de 600 nm, en seguida se midió la absorbencia y se comparó con la curva de calibración. Así mismo, para preparar la curva de calibración, se preparó 5 porciones de una solución estándar de ftalato de hidrógeno de potasio con una demanda químico de oxígeno cuyos valores se encuentren dentro de los 20 y 900  $\mu\text{g O}_2/\text{L}$ . Finalmente, el volumen restante se completa con agua destilada con la misma cantidad de reactivos, número de tubos y el mismo procedimiento de fermentación que la muestra para de esta manera se prepare una nueva curva de calibración para cada porción nueva de tubos.

Para calcular la DQO, se aplicará la siguiente ecuación:

$$DQO \text{ mg } O_2/\text{L} = \frac{C \times 1000}{T} \quad (3)$$

Donde:

C = muestra obtenida en la curva de calibración (mg  $O_2/\text{L}$ ).

T = cantidad de muestra tomada para la prueba (mL).

- **Coliformes termotolerantes (Método de tubos múltiples - NMP):** Para determinar la concentración de los Coliformes termotolerantes en las unidades de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, se siguió los procedimientos establecidos por la empresa Paz Laboratorios S.R.L., basados en los Métodos normalizados para análisis de aguas potables y residuales Ed. 2017; Técnica de fermentación en tubos múltiples para miembros del grupo de coliformes. Procedimiento de coliformes fecales. Prueba de coliformes termotolerantes (SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 2017).

El método de fermentación en tubos múltiples, son representados NMP de microorganismos existentes, este dato, viene a ser un cálculo de densidad media de coliformes en una determinada muestra y la precisión de estas, depende del número de tubos usados en el análisis; para este análisis se usaron los siguientes medios de cultivos: lauril triptosa y medio lactosa, el procedimiento da inicio con la inoculación de tres tubos con caldo lactosado doble concentración de 10 mL, otro de 1 mL, y 0.1 mL cada uno, todos estos tubos se inocularon a 37 °C durante 48 horas, transcurrido el tiempo antes mencionado, se observa si hubo producción de gas (el cual se detecta por el movimiento del medio de cultivo en la campana de Durham), asimismo, la ausencia de gas en los tubos de ensayo, hace negativa la prueba, posterior a ello, a partir de los tubos positivos se da inicio con la prueba presuntiva, el cual consiste en inocular dos series de tubos con caldo bilis lactosa verde brillante e incubados a 35 °C por 48 horas y posterior a ello observar la generación de gas, finalmente incubar otra serie de tubos a temperatura elevada de 44.5 °C durante 48 horas para nuevamente observar la producción de gas y concluir la existencia o no de coliformes.

- **Sólidos totales en suspensión:** Para determinar se siguió los procedimientos establecidos por la empresa Paz Laboratorios S.R.L., basados en los Métodos normalizados para análisis de aguas potables y residuales Ed: 2017, Sólidos: Total de sólidos suspendidos secados a 103-105 °C (SMEWW-APHA-AWWA-WEF, 2017).

Este método consiste en que una muestra bien combinada pasa por un filtro de fibra de vidrio estándar, secando el residuo a 103-105 °C hasta obtener un peso fijo, así mismo, el incremento de masa filtrante representa la cantidad total de sólidos en suspensión; si este material obstaculiza el filtro y prolonga el proceso de filtración, la diferencia entre los sólidos totales y disueltos permite estimar el total de sólidos suspendidos; y finalmente, el cálculo se efectúa con la siguiente ecuación.

$$STS \frac{mg}{L} = \frac{(A - B) \times 1000}{V} \quad (4)$$

Donde:

A: peso del filtro más el residuo seco (mg).

B: peso del filtro (mg).

V: volumen de la muestra (mL).

- **Aceites y grasas:** Para determinar la cantidad de aceites y grasas en los procesos de tratamiento de la planta de, se siguió los procedimientos establecidos por la empresa Paz Laboratorios S.R.L., basados en el “método EPA 1664, Revisión B. 2010. Material extraíble con n-hexano (HEM; aceite y grasa) y material extraíble con n-hexano tratado con gel de sílice (SGT-HEM; material no polar) por extracción y gravimetría” (EPA, 2010).

Este método consiste en la aplicación de la técnica de extracción líquido a líquido, que utiliza al cloroformo y hexano como solventes, los cuales, al entrar en conexión con el agua extraen los aceites y grasas disueltos en la misma, finalmente, el disolvente se evapora mediante técnicas gravimétricas para cuantificar y determinar la cantidad de aceite y grasa retenida.

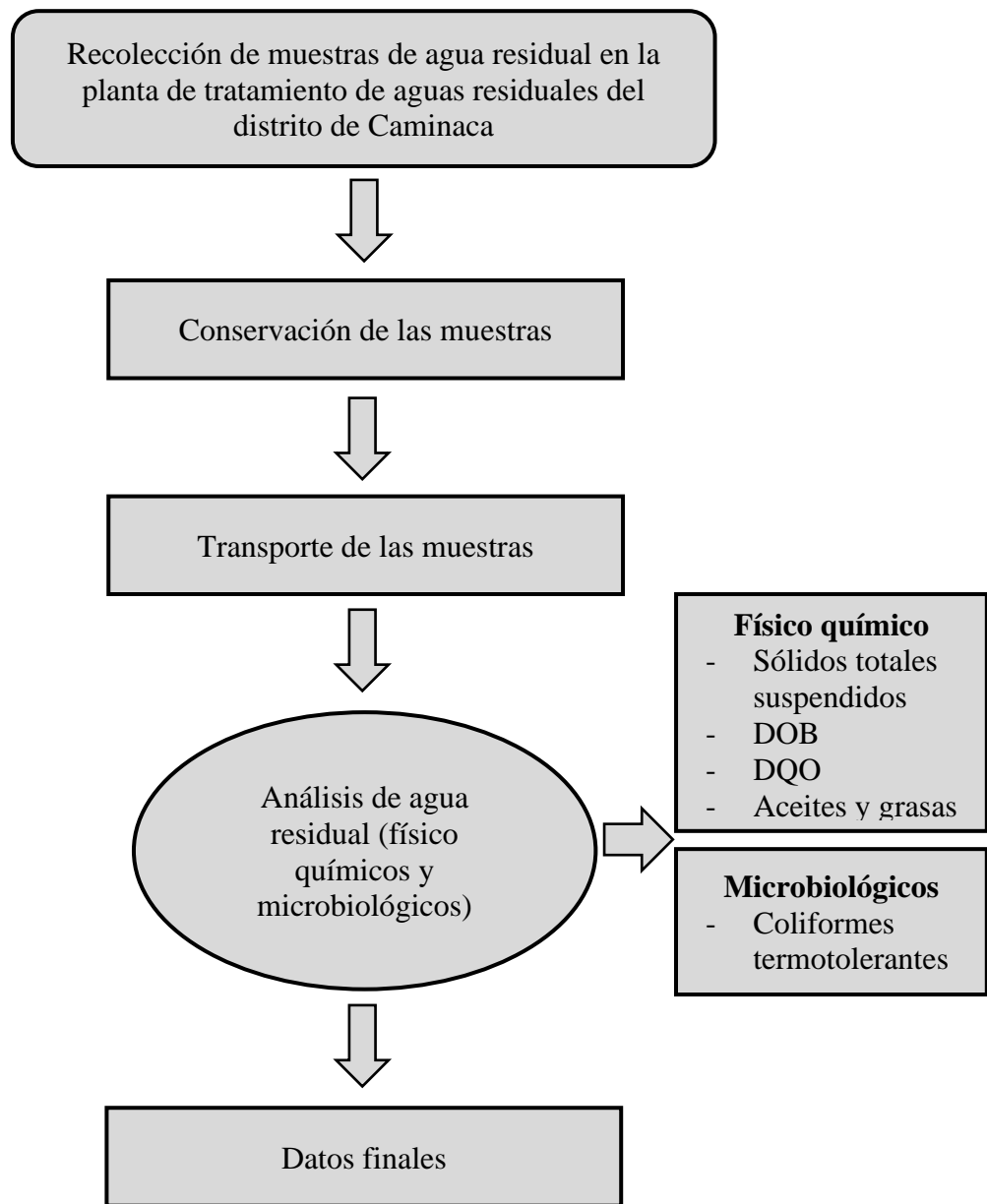


Figura 2. Flujograma para el monitoreo.

Los parámetros determinados: sólidos totales en suspensión,  $DBO_5$ , DQO, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, pH y temperatura, son comparados con los límites máximos permisibles vigentes en la normativa nacional peruana (Ministerio del ambiente, 2010).

### 3.5.2. Determinación de la eficiencia de remoción de los parámetros.

Vesilind, Eliassen y Boswell (2012), mencionan que, para calcular la eficiencia de eliminación de los componentes y unidades de una planta de tratamiento, se requiere un balance de masa de las aguas residuales crudas y tratadas para de esta manera determinar la persistencia de las aguas residuales de la planta de tratamiento, esto se resume mediante la ecuación 1:

$$E = \frac{S_0 - S_f}{S_0} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

E: Eficiencia de remoción (%).

S<sub>f</sub>: Agua residual tratada (efluente).

S<sub>0</sub>: Agua residual cruda (afluente).

La ecuación uno (1) se aplicó para determinar la eficiencia en remoción de diferentes parámetros obtenidos durante el monitoreo, tales son: sólidos totales en suspensión, DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas y coliformes termotolerantes en las unidades de tratamiento de aguas residuales: tanque imhoff, reactores biológicos y nave de macrófitas.

### 3.5.3. Determinación de la relación existente entre la carga orgánica y patógena.

Para obtener la relación entre dos variables: carga patógena (coliformes termotolerantes) y carga orgánica (DBO<sub>5</sub> y DQO) se procesaron los datos obtenidos del monitoreo en el software estadístico SPSS Statistics 25, para este propósito se empleó el diseño de regresión lineal simple el cual es un modelo estadístico que brinda la capacidad de describir incidencia de variación de una variable (carga patógena) sobre otra (carga orgánica) (Tusell, 2011).

### 3.5.4. Análisis estadístico.

Para evaluar la variabilidad de la eficiencia entre las unidades de tratamiento (Tanque Imhoff, filtros percoladores y nave de macrófitas), se utilizó análisis de varianza (ANOVA) y para calcular si la variabilidad es significativa o no en cada unidad de tratamiento se usó las pruebas múltiples de Duncan y Tukey, asimismo, se determina el más eficiente y para ello se trabajó con las

concentraciones finales de eficiencia de DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes termotolerantes. Según Miranda (2021), el ANOVA es un modelo estadístico de varios procedimientos entre sí y se utiliza cuando existe tres a más grupos que necesitan ser comparados, cuando la medición se ejecuta en más de dos ocasiones y cuando los sujetos pueden variar en una o más características que afectan el resultado y se necesita ajustar su efecto (Dagnino, 2016).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Concentraciones de los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes termotolerantes, sólidos totales en suspensión y aceites y grasas en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca - Perú.

En las siguientes tablas se muestran las diferentes concentraciones de los parámetros obtenidos en los 3 monitoreos en las unidades de tratamientos realizados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito de Caminaca.

Tabla 4

*Primer monitoreo de Aguas residuales.*

Parámetros	Unidad	Puntos de muestreo			
		P1	P2	P3	P4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	263	152	135	69.2
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	484	293	194	127
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	35 000 000	40	23	23
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	241	62.5	11.2	2.5
Aceites y grasas	mg/L	6.6	5.7	1.6	3.1
Temperatura	°C	18.1	19.4	17.7	22.5
pH	Unidad	8.10	7.80	7.60	7.70

En la tabla 4, se muestran las concentraciones de los siete parámetros obtenidos en el primer monitoreo realizado el 11 de setiembre del 2022 en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, se puede destacar una reducción en las concentraciones entre los puntos P1 y P4 en todos los casos. Por ejemplo, los valores de DBO<sub>5</sub> disminuyeron de 263 mg/L a 69.2 mg/L, DQO redujo de 484 mg/L a 127 mg/L y coliformes termotolerantes disminuyó de 35000000 NMP/100 mL a 23 NMP/100 mL.

Tabla 5

*Segundo monitoreo de aguas residuales.*

Parámetros	Unidad	Puntos de muestreo			
		P1	P2	P3	P4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	1078	196	185	110
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1681	410	474	212
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	35 000 000	2 200	1 300	4.5
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	189	182	171	88.8
Aceites y grasas	mg/L	93.3	4.7	3.9	4.1
Temperatura	°C	15.5	14.9	16.9	13.7
pH	Unidad	8.42	7.49	7.57	7.50

En la tabla 5, se muestran las concentraciones de los siete parámetros obtenidos en el segundo monitoreo realizado el 16 de octubre del 2022 en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, se puede destacar la reducción en las concentraciones entre los puntos P1 y P4. Por ejemplo, valores como DBO<sub>5</sub> redujeron de 1078 mg/L a 110 mg/L, DQO disminuyó de 1681 mg/L a 212 mg/L y coliformes termotolerantes descendió de 35000000 NMP/100 mL a 4.5 NMP/100 mL.

Tabla 6

*Tercer monitoreo de aguas residuales.*

Parámetros	Unidad	Puntos de muestreo			
		P1	P2	P3	P4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	354.5	281	235	92.7
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	733.4	593.2	484.9	198.3
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	9 200 000	240	14	1.8
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	1110	455	303.3	39.3
Aceites y grasas	mg/L	0.9	0.8	0.5	0.7
Temperatura	°C	18.1	23.4	17.1	24
pH	Unidad	8.41	7.73	7.41	7.64

En la tabla 6, se muestran las concentraciones de los siete parámetros obtenidos en el tercer monitoreo realizado el 14 de noviembre del 2022 en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, se puede apreciar una disminución de las concentraciones entre los puntos P1 y P4. Por ejemplo, valores como DBO<sub>5</sub> disminuyeron de 354.5 mg/L a 92.7 mg/L, DQO descendió de 733.4 mg/L a 198.3 mg/L y coliformes termotolerantes redujo de 9200000 NMP/100 mL a 1.8 NMP/100 mL.

**4.1.1. Comparación de los resultados finales de DBO<sub>5</sub>, DQO, Coliformes termotolerantes, Sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, temperatura y pH con los Límites máximos permisibles del DS N° 003 – 2010 - MINAM.**

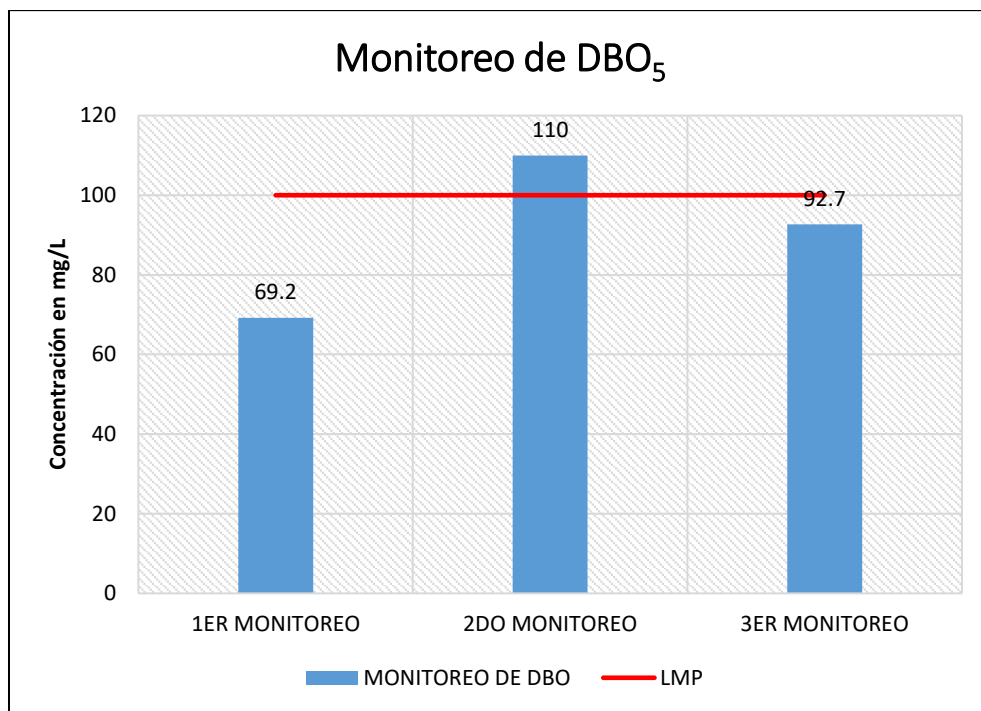
Tabla 7

*Tabla comparativa de resultados finales con valores de los límites máximos permisibles.*

Parámetros	Unidad	Monitoreo			LMP
		1er	2do	3er	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	69.2	110	92.7	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	127	212	198.3	200
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	23	4.5	1.8	10 000
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	2.5	88.8	39.3	150
Aceites y grasas	mg/L	3.1	4.1	0.7	20
Temperatura	°C	22.5	13.7	24	< 35
pH	Unidad	7.7	7.5	7.64	6.5 - 8.5

En la tabla 7, se aprecia los valores finales de cada monitoreo realizado en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca siendo comparados con los límites máximos permisibles (LMP) vigentes en la normativa peruana (Ministerio del ambiente, 2010), en ella observamos que en el segundo monitoreo tanto en DBO<sub>5</sub> con 110 mg/L y DQO con 212 mg/L sobrepasan los LMP y esto es explicado por la existencia de factores inhibidores de bacterias aeróbicas (encargados de la disminución de la materia orgánica) en este caso son los fertilizantes, plaguicidas, etc., los cuales en su momento afectaron el tratamiento de las aguas residuales (Fernández et al., 2002).

A continuación, se muestran figuras comparativas de los diferentes valores obtenidos con los límites máximos permisibles vigentes de la normativa peruana.



*Figura 3.* Concentraciones finales de efluentes en demanda bioquímica de oxígeno comparadas con los LMP.

En la figura 3, se aprecia las concentraciones finales de DBO<sub>5</sub> obtenidas en los 3 monitoreos realizados en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, cuyos valores son: 69.2 mg/L, 110 mg/L y 92.7 mg/L respectivamente, en el primero y tercer caso, se puede ver que los valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) de la normativa peruana el cual es 100 mg/L, pero en el monitoreo 2 se aprecia un valor que excede a los LMP.

En los estudios realizados por Gómez (2020), quién evaluó 2 plantas de tratamiento obtuvo concentraciones finales de DBO<sub>5</sub> de la siguiente manera, en planta San Pablo 10.54 mg/L y en la planta Araque 10.51 mg/L, estos valores son inferiores a los que se obtuvo (69.2 mg/L). Así mismo Aucatinco (2021), en su estudio de la PTAR en Cusco obtuvo un valor de DBO<sub>5</sub> final de 133 mg/L, valor que supera los LMP y a su misma vez es superior al valor que se obtuvo en la presente investigación (110mg/L), por otro lado Palacin (2021), en la PTAR de Huancayo obtuvo un valor de 104 mg/L superando los LMP y a los resultados del 1er y 3er monitoreo de la presente investigación, en el ámbito local Apaza (2021), en la PTAR de Ayaviri obtuvo una

concentración de 122 mg/L valor que sobrepasa los LMP y a su vez sobrepasa los valores obtenidos en los tres monitoreos en la planta de tratamiento del distrito de Caminaca.

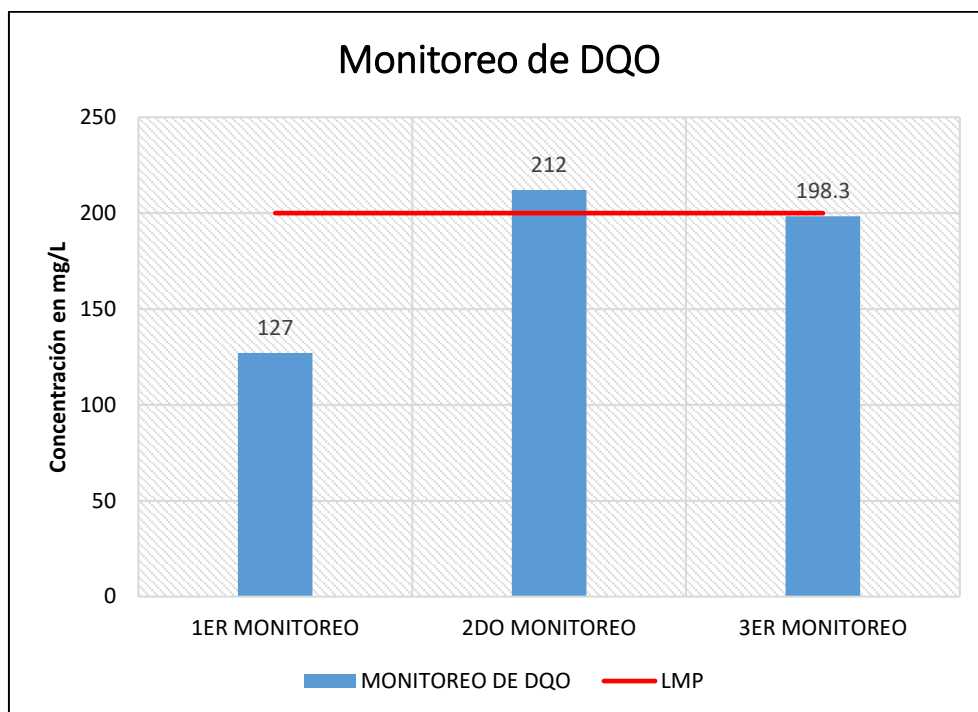


Figura 4. Concentraciones finales de efluentes en demanda química de oxígeno comparadas con los LMP.

En la figura 4, se aprecia las concentraciones finales de DQO obtenidas en los 3 monitoreos realizados en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, las cuales son: 127 mg/L, 212 mg/L y 198.3 mg/L respectivamente, en el primero y segundo caso, se puede ver que los valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles (LMP) de la normativa peruana el cual es 200 mg/L (Ministerio del ambiente, 2010), pero en el monitoreo 2 se aprecia un valor que supera a los LMP, indicando que las aguas del río Ramis están siendo contaminadas por un excedente de DQO.

Sin embargo, Callata (2021), al realizar su estudio obtuvo un resultado de 966.67 mg/L de DQO, valor que supera en grande a los LMP a su misma vez es superior al valor que se obtuvo 212 mg/L. Así mismo Apaza (2021), obtuvo una concentración máxima de DQO de 287 mg/L, valor que también es superior a lo que se obtuvo (212 mg/L), del mismo modo Paricahua (2018), en su estudio obtuvo una concentración de DQO final de 420.43 mg/L, valor

que supera los LMP, a su misma vez es superior al valor que se obtuvo en la presente investigación, por otro lado en el ámbito nacional Palacin (2021), en la PTAR de Huancayo, obtuvo un valor de DQO de 211 mg/L superando los LMP y a los resultados del monitoreo 1 y 2.

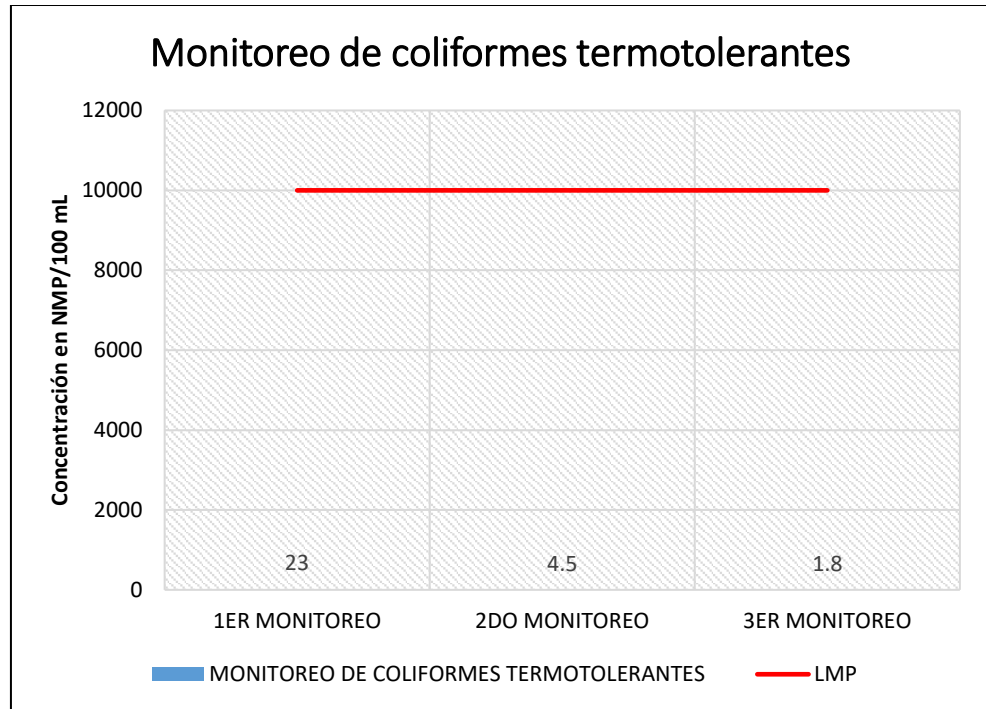


Figura 5. Concentraciones finales de efluentes en coliformes termotolerantes comparadas con los LMP.

En la figura 5, tenemos los valores finales de coliformes termotolerantes obtenidas durante los 3 monitoreos realizados en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, cuyos valores son: 23 NMP/100 mL, 4.5 NMP/100 mL y 1.8 NMP/100 mL respectivamente, en los tres casos, se puede ver que los valores se hallan por debajo de lo establecido en los límites máximos permisibles (LMP) de la normativa peruana vigente el cual es 10 000 NMP/100 mL (Ministerio del ambiente, 2010).

Apaza (2021), en su estudio en la planta de San José, determinó una concentración de 14.44 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes, valor que supera a lo que se obtuvo en el monitoreo el cual es 23 NMP/100 mL, por otro lado, Membrillo (2022), quién al evaluar la planta de tratamiento en Antauta, obtuvo una concentración máxima de coliformes equivalente a 1.8 NMP/100 mL, este valor es igual a lo que se obtuvo en el tercer monitoreo

1.8 NMP/100 mL, no obstante Callata (2021), en su estudio de la planta en Taraco, obtuvo una concentración de coliformes termotolerantes de 11 500 NMP/100 mL, al igual que Auccatinco (2021), que al realizar su monitoreo en la planta de Cusco, obtuvo un concentración de coliformes equivalentes a 54 000 000 NMP/100 mL, estos dos últimas mencionadas, superan en grande a los límites máximos permisibles y a los resultados del monitoreo realizado.

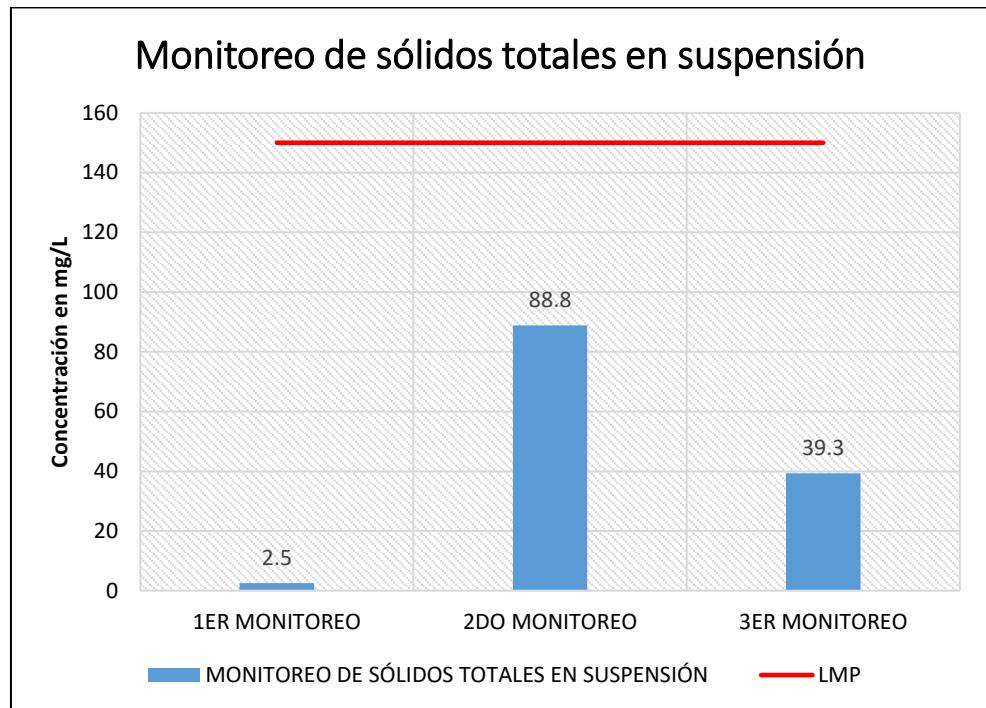


Figura 6. Concentraciones finales de efluentes en sólidos totales en suspensión comparadas con los LMP.

En la figura 6, se aprecia las concentraciones finales de sólidos totales en suspensión obtenidas en los 3 monitoreos realizados en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, cuyos valores son: 2.5 mg/L, 88.8 mg/L y 39.3 mg/L respectivamente, en todos los casos, se puede ver que los valores se hallan por debajo de lo establecido en los límites máximos permisibles (LMP) de la normativa peruana vigente el cual es 150 mg/L.

En la investigación realizado por Carrasco (2022), en la planta de Ambato - Ecuador, obtuvo valores de sólidos totales en suspensión de 98 mg/L, valor que supera a lo que se obtuvo en el monitoreo 88.8 mg/L, por otro lado en el ámbito nacional tenemos a Auccatinco (2021), quien al realizar su monitoreo

en la planta de Cusco, obtuvo un valor de sólidos totales en suspensión de 50 m/L, este valor está por debajo del promedio obtenido en el monitoreo y a su vez dentro de los límites máximos permisibles, a diferencia de Nevado (2022), quién al evaluar la planta de tratamiento en Lambayeque, determinó una concentración de sólidos totales en suspensión equivalente a 200 mg/L, dato que supera a los límites máximos permisibles y a los resultados del monitoreo realizado.

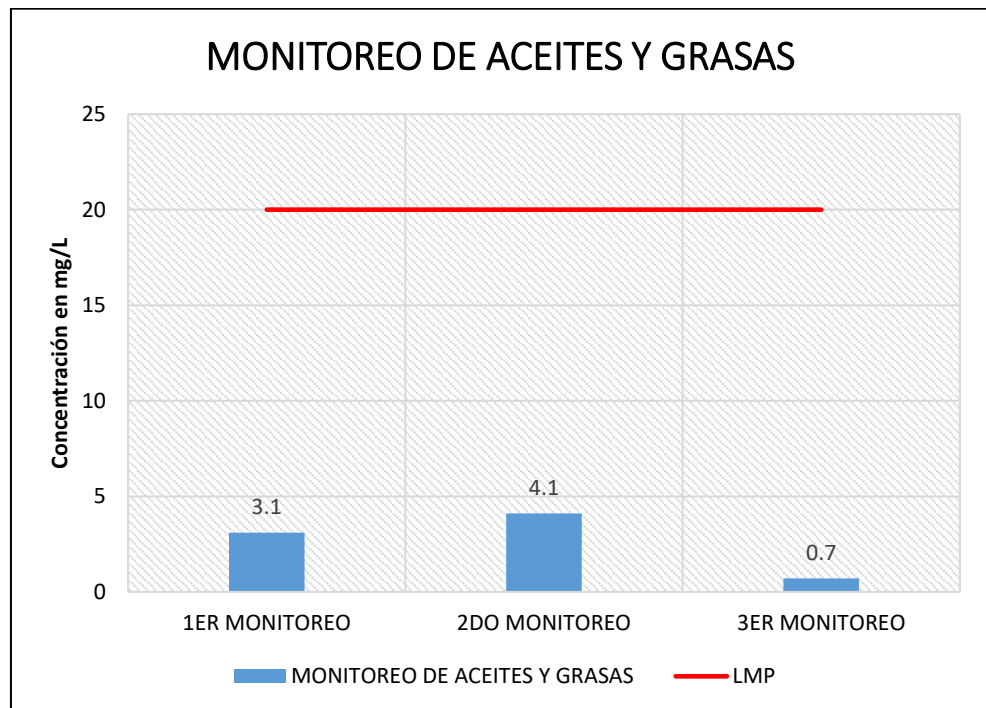


Figura 7. Concentraciones finales de efluentes en Aceites y grasas comparadas con los LMP.

En la figura 7, se aprecia las concentraciones finales de aceites y grasas obtenidas en los 3 monitoreos realizados en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, cuyos valores son: 3.1 mg/L, 4.1 mg/L y 0.7 mg/L correlativamente, en todos los casos, se puede ver que los valores están debajo de lo establecido en los límites máximos permisibles (LMP) de la normativa peruana el cual es 20 mg/L.

En el estudio realizado en la planta de Huancayo, Palacin (2021), obtuvo una concentración de 3 mg/L de aceites y grasas, valor que es similar a lo que se obtuvo en el monitoreo 3.1 mg/L, por otro lado tenemos a Cueva y García (2021), quienes al realizar su monitoreo en la planta de Cajamarca, obtuvieron

una concentración de aceites y grasas 0.4 m/L, este valor está por debajo del promedio obtenido en el monitoreo. Así mismo en el ámbito local tenemos a Apaza (2021), quién al evaluar la planta de tratamiento en San José - Puno, obtuvo una concentración de aceites y grasas equivalente a 0.07 mg/L, todos estos valores obtenidos al igual que los antecedentes, cumplen con lo establecido en los límites máximos permisibles el cual es 20 mg/L.

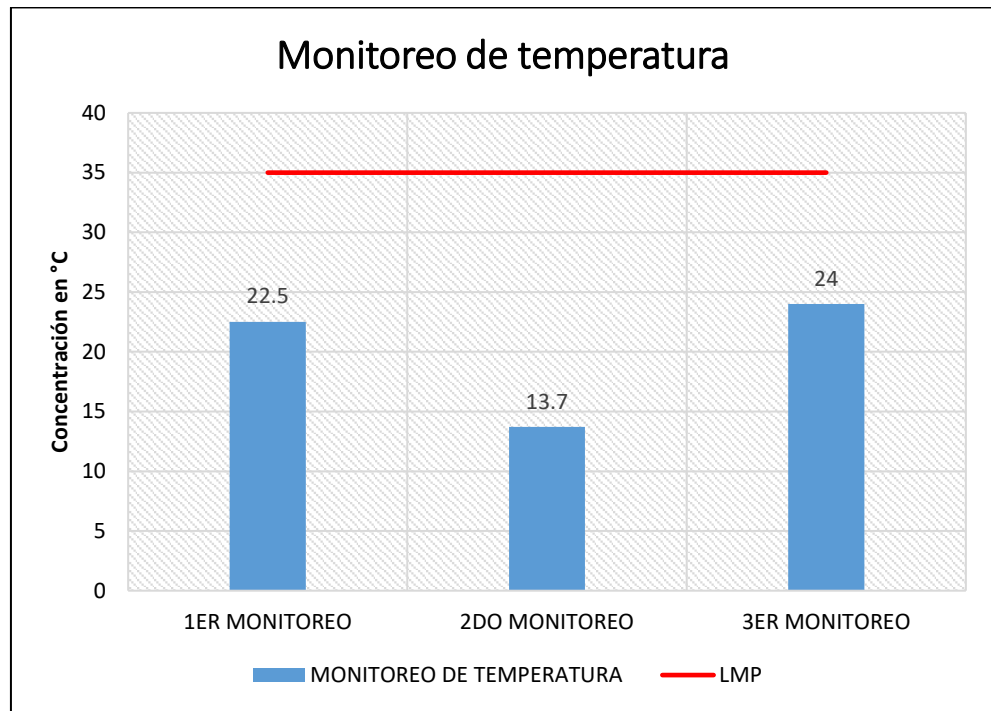


Figura 8. Niveles finales de temperatura comparadas con los LMP.

En la figura 8, apreciamos los valores finales de temperaturas obtenidas en los 3 monitoreos realizados en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, las cuales son: 22.5 °C, 13.7 °C y 24 °C respectivamente, en todos los casos, se puede ver que los valores se hallan por debajo de lo establecido en los límites máximos permisibles (LMP) de la normativa peruana el cual es 35 °C.

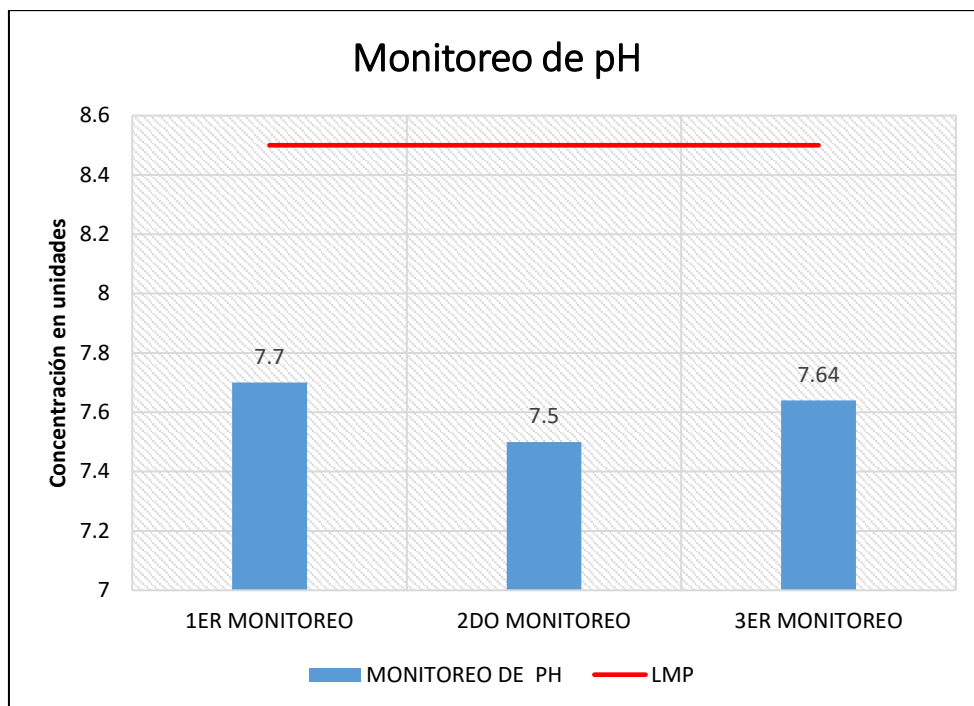


Figura 9. Niveles finales de pH comparadas con los LMP.

En la figura 9, apreciamos los valores finales de pH obtenidas en los 3 monitoreos realizados en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca, las cuales son: 7.7, 7.5 y 7.64 unidades respectivamente, en todos los casos, se puede ver que los valores llegan a cumplir lo establecido en los límites máximos permisibles (LMP) de la normativa nacional el cual es 6.5 – 8.5.

#### **4.2. Eficiencia de las unidades de procesos de tratamiento (tanque Imhoff, filtros percoladores y nave de macrófitas) de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca – Perú.**

##### **4.2.1. Eficiencia de remoción de parámetros físicoquímicos y bacteriológicos en el tanque Imhoff.**

Para determinar la eficiencia en el tanque Imhoff el cual viene a ser una unidad de proceso de tratamiento, se usó los valores obtenidos en los puntos de monitoreos considerados como P1 y P2, es decir, a ingreso de la planta de tratamiento y descarga del tanque Imhoff.

Tabla 8

*Eficiencia de remoción de parámetros de aguas residuales en el tanque Imhoff.*

Parámetros	Unidad	Monitoreo 1		Eficiencia (%)	Monitoreo 2		Eficiencia (%)	Monitoreo 3		Eficiencia (%)	Monitoreo final		Eficiencia Final (%)
		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida	
		Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	263.00	152.00	42.21	1078.00	196.00	81.82	354.50	281.00	20.73	565.17
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	484.00	293.00	39.46	1681.00	410.00	75.61	733.40	593.20	19.12	966.13	432.07	55.28
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	35000000	40.00	99.99	35000000	2200.00	99.99	9200000	240.00	99.99	26400000.00	826.67	99.99
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	241.00	62.50	74.07	189.00	182.00	3.70	1110.00	455.00	59.01	513.33	233.17	54.58
Aceites y grasas	mg/L	6.60	5.70	13.64	93.30	4.70	94.96	0.90	0.80	11.11	33.60	3.73	88.89

En la tabla 8, se aprecia la eficiencia en remoción de los diferentes parámetros determinados en los tres monitoreos realizados en el tanque Imhoff, estos valores son los siguientes referentes al monitoreo 1: DBO<sub>5</sub> 42.21%, DQO 39.46%, coliformes termotolerantes 99.99%, sólidos totales en suspensión de 74.07% y aceites y grasas un valor de 13.64%, en el monitoreo 2: DBO<sub>5</sub> 81.82%, DQO 75.61%, coliformes termotolerantes 99.99%, sólidos totales en suspensión de 3.70% y aceites y grasas un valor de 94.96% y en el monitoreo 3: DBO<sub>5</sub> 20.73%, DQO 19.12%, coliformes termotolerantes 99.99%, sólidos totales en suspensión de 59.01% y aceites y grasas un valor de 11.11%.

Finalmente, observamos la eficiencia en remoción de los diferentes parámetros en el tanque Imhoff, obtenidos mediante la media aritmética de los 3 monitoreos anteriores y como resultado se obtiene una remoción del 62.90% para DBO<sub>5</sub>, 55.28% para DQO, 99.99% para coliformes termotolerantes, 54.58% para sólidos totales en suspensión y 88.89% para aceites y grasas. En términos generales se tiene una eficiencia superior al 50% como lo establece la norma técnica OS.090 (2009), por otro lado, contrastamos estos resultados con los estudios de Apaza (2021), quien obtuvo valores de remoción de DBO<sub>5</sub> del 8.17%, DQO 7.98% y coliformes termotolerantes del 57.89% y Amambal (2023), quien obtuvo valores de DBO<sub>5</sub> del -1.77%, DQO del 1.31% y coliformes termotolerantes del 33.69%. Nuestros resultados demuestran eficiencias superiores a las obtenidas en estas investigaciones previas.

#### **4.2.2. Eficiencia de remoción de parámetros físicoquímicos y bacteriológicos en los filtros percoladores.**

Para determinar la eficiencia en el filtro percolador como una unidad de proceso de tratamiento, se usó los valores obtenidos en los puntos de monitoreos considerados como P2 y P3, es decir a la salida del tanque Imhoff y salida del filtro percolador.

Tabla 9

*Eficiencia de remoción de parámetros de aguas residuales en filtros percoladores.*

Parámetros	Unidad	Monitoreo 1		Eficiencia (%)	Monitoreo 2		Eficiencia (%)	Monitoreo 3		Eficiencia (%)	Monitoreo final		Eficiencia Final (%)
		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida	
		Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	152.00	135.00	11.18	196.00	185.00	5.61	281.00	235.00	16.37	209.67
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	293.00	194.00	33.79	410.00	474.00	-15.61	593.20	484.90	18.26	432.07	384.30	11.06
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	40	23.00	42.50	2200	1300.00	40.91	240	14.00	94.17	826.67	445.67	46.09
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	62.50	11.20	82.08	182.00	171.00	6.04	455.00	303.30	33.34	233.17	161.83	30.59
Aceites y grasas	mg/L	5.70	1.60	71.93	4.70	3.90	17.02	0.80	0.50	37.50	3.73	2.00	46.43

En la tabla 9, se observa la eficiencia en remoción de los parámetros determinados en los tres monitoreos realizados en los filtros percoladores, obteniéndose en el monitoreo 1: DBO<sub>5</sub> con 11.18%, DQO con 33.79%, coliformes termotolerantes con 42.50%, sólidos totales en suspensión con 82.08% y aceites y grasas con 71.93%, en el monitoreo 2: DBO<sub>5</sub> con 5.61%, DQO con -15.61%, coliformes termotolerantes con 40.91%, sólidos totales en suspensión con 6.04% y aceites y grasas con 17.02% y en el monitoreo 3: DBO<sub>5</sub> con 16.37%, DQO con 18.26%, coliformes termotolerantes con 94.17%, sólidos totales en suspensión con 33.34% y aceites y grasas con 37.50%.

Asimismo, analizamos la eficiencia de los parámetros en el filtro percolador mediante la media aritmética de los 3 monitoreos previos se obtiene una remoción de DBO<sub>5</sub> del 11.76%, DQO del 11.06%, coliformes termotolerantes del 46.09%, sólidos totales en suspensión del 30.59% y aceites y grasas del 46.43%. En promedio se tiene una eficiencia inferior al 50%, la norma técnica OS.090 del Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2009), indica que el rango de eficiencia en remoción de carga orgánica (DBO<sub>5</sub>) en filtros percoladores es de 50% a 90% y en sólidos en suspensión es de 70% a 90%, los valores obtenidos son inferiores. Comparativamente en el estudio de Apaza (2021), al valorar el filtro percolador obtuvo eficiencias de 3.38 % en DBO<sub>5</sub>, 3.58% en DQO y del mismo modo en el análisis de Amambal (2023), al evaluar la eficiencia de los filtros percoladores obtuvo valores de 0.25% en DBO<sub>5</sub>, 8.51% en DQO, 7.92% en coliformes termotolerantes y 9.51% en sólidos totales en suspensión. Todos estos valores resultaron considerablemente inferiores a lo que se obtuvo en el monitoreo y a lo que prescribe la normativa antes mencionada.

#### **4.2.3. Eficiencia de remoción de parámetros físicoquímicos y bacteriológicos en la nave de macrófitas.**

Para determinar la eficiencia en la nave de macrófitas como una unidad de tratamiento, se usó los valores obtenidos de los puntos de monitoreos considerados como P3 y P4, es decir a la salida del filtro percolador y salida de la nave de macrófitas.

Tabla 10

*Eficiencia de remoción de parámetros de aguas residuales en las naves de macrófitas.*

Parámetros	Unidad	Monitoreo 1		Eficiencia (%)	Monitoreo 2		Eficiencia (%)	Monitoreo 3		Eficiencia (%)	Monitoreo final		Eficiencia Final (%)
		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	135.00	69.20	48.74	185.00	110.00	40.54	235.00	92.70	60.55	185.00	90.63	51.01
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	194.00	127.00	34.54	474.00	212.00	55.27	484.90	198.30	59.10	384.30	179.10	53.40
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	23.00	23.00	0.00	1300	4.50	99.65	14	1.80	87.14	445.67	9.77	97.81
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	11.20	2.50	77.68	171.00	88.80	48.07	303.30	39.30	87.04	161.83	43.53	73.10
Aceites y grasas	mg/L	1.60	3.10	-93.75	3.90	4.10	-5.13	0.50	0.70	-40.00	2.00	2.63	-31.67

En la tabla 10, se aprecia la eficiencia en remoción de los parámetros determinados en los tres monitoreos realizados en las naves de macrófitas, estos valores son los siguientes referentes al monitoreo 1: DBO<sub>5</sub> 48.74%, DQO 34.54%, coliformes termotolerantes 0%, sólidos totales en suspensión de 77.68% y aceites y grasas un valor de - 93.75%, en el monitoreo 2: DBO<sub>5</sub> 40.54%, DQO 55.27%, coliformes termotolerantes 99.65%, sólidos totales en suspensión de 48.07% y aceites y grasas un valor de - 5.13% y en el monitoreo 3: DBO<sub>5</sub> 60.55%, DQO 59.10%, coliformes termotolerantes 87.14%, sólidos totales en suspensión de 87.04% y aceites y grasas un valor de - 40%.

Finalmente, observamos la eficiencia en remoción de los diferentes parámetros en la nave de macrófitas, estos valores son obtenidos mediante la media aritmética de los 3 monitoreos anteriores y como resultado se obtiene una eficiencia en remoción de 51.01% en DBO<sub>5</sub>, 53.40% en DQO, 97.81% en coliformes termotolerantes, 73.10% en sólidos totales en suspensión, -31.67% en aceites y grasas, este último valor en negativo, es debido a que hubo un ligero incremento de 0.63 mg/L y según McCutcheon y Schnoor (2004), se debe a que las macrófitas son hiperacumuladoras y concentran aceites y grasas en sus tejidos vegetales aun siendo estas en cantidades mínimas lo que generaría un ligero incremento de este parámetro. De manera general, se tiene una eficiencia de remoción de carga orgánica y patógena superior al 50 % en la nave de macrófitas, por otro lado, en un estudio similar, Mellado (2019), al usar *ypha domingensis* (totora) logró remociones más destacadas con valores como 86.7% en DBO<sub>5</sub>, 70.37% en DQO, 97.10% en aceites y grasas y 95.47% en sólidos totales en suspensión, sin embargo, Amambal (2023), obtuvo cifras muy inferiores en remoción como - 2.98% en DBO<sub>5</sub>, - 10.29% en DQO, 51.38% en coliformes termotolerantes, 44.56% en sólidos totales en suspensión. Estas diferencias se deben al mal manejo de las macrófitas.

Tabla 11

*Eficiencia en remoción de parámetros finales obtenidos de los monitoreos de aguas residuales.*

Parámetros	Unidad	Tanque Imhoff		Eficiencia (%)	Filtros percoladores		Eficiencia (%)	Nave de macrófitas		Eficiencia (%)	PTAR Caminaca		Eficiencia PTAR (%)
		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida		Ingreso	Salida	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	565.17	209.67	62.90	209.67	185.00	11.76	185.00	90.63	51.01	565.17	90.63	83.96
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	966.13	432.07	55.28	432.07	384.30	11.06	384.30	179.10	53.40	966.13	179.10	81.46
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	26400000	826.67	99.99	826.67	445.67	46.09	445.67	9.77	97.81	26 400 000	9.77	99.99
Sólidos Totales en suspensión	mg/L	513.33	233.17	54.58	233.17	161.83	30.59	161.83	43.53	73.10	513.33	43.53	91.52
Aceites y grasas	mg/L	33.60	3.73	88.89	3.73	2.00	46.43	2.00	2.63	-31.67	33.60	2.63	92.16

En la tabla 11, se observa la eficiencia final de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca en eliminación y reducción de parámetros, estos valores son calculados mediante la media aritmética de los 3 monitoreos anteriores y como resultado se obtiene una eficiencia en remoción final de 83.96 % para DBO<sub>5</sub>, 81.46% para DQO, 99.99% para coliformes termotolerantes, 91.52% para sólidos totales en suspensión y 92.16% para aceites y grasas. En general se tiene una eficiencia de remoción de carga orgánica y patógena superior al 80%, este valor es aceptable por la Norma OS.090, quien indica que toda planta de tratamiento de aguas residuales que cuente con un sistema de tratamiento de filtro percolador debe de tener una eficiencia en remoción de carga orgánica del 50% al 90 % (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2009).

En el estudio realizado por Tamay (2022), obtuvo eficiencias de remoción de 39% en DBO<sub>5</sub> y 42% en DQO; en la misma línea, Carrasco (2022), obtuvo una eficiencia de 40.48% en DBO<sub>5</sub>, 37.42% en DQO y 64.23% en sólidos totales en suspensión, estos valores están por debajo comparados con los resultados obtenidos en este análisis (superiores al 80%); por otro lado, en el ámbito nacional Aucatinco (2021), obtuvo una eficiencia de remoción del 26.9% en DBO<sub>5</sub> y 23.8% en DQO y -54% en coliformes termotolerantes; de manera similar, Amambal (2023), obtuvo valores de remoción de 10.93% en DBO<sub>5</sub>, 23.15% en DQO y 95.40% en coliformes termotolerantes, en ambos casos se observa una baja eficiencia en DBO<sub>5</sub> y DQO a diferencia de los valores obtenidos en la PTAR de Caminaca de 83.96% en DBO<sub>5</sub> y 81.46% en DQO; por otro lado, en el ámbito local, Callata (2021), obtuvo una escasa eficiencia de remoción del 2.03% en DBO<sub>5</sub>, 2.03% en DQO y 4.20% en coliformes termotolerantes; finalmente Apaza (2021), obtuvo una eficiencia de remoción del 34.71% para DBO<sub>5</sub>, 34.32 % para DQO, 99.11 % para coliformes termotolerantes, 34.02% para sólidos totales en suspensión y 94.40% para aceites y grasas. En su mayoría estos valores se encuentran por debajo de lo obtenido en el monitoreo actual, a diferencia de los coliformes termotolerantes que tiene un valor similar a lo obtenido del 99.99% de remoción, todo este es debido a la cantidad poblacional de Caminaca, ya que en números de usuarios vienen a ser muy inferiores a comparación de los otros estudios.

#### 4.2.4. Pruebas de análisis de varianza con eficiencias en las unidades de procesos de tratamientos.

Se realizó la prueba estadística de análisis de varianza (ANOVA) con la comparación de resultados de eficiencia de cada una de las unidades de procesos de tratamientos para corroborar el nivel de diferencias u homogeneidad existentes entre ellas, para todos los casos se usó un nivel de significancia del 5% o 0.05.

Tabla 12

*Análisis de varianza (ANOVA) entre las unidades de procesos de tratamiento en eficiencia de DBO<sub>5</sub>.*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	2898.891	2	1449.446	3.987	0.079
Dentro de grupos	2181.183	6	363.530		
Total	5080.074	8			

En la tabla 12, observamos la prueba de análisis de varianza elaborado con los resultados de eficiencia de la DBO<sub>5</sub>, el nivel de significancia obtenida es igual a 0.079, superando el valor de confianza 0.05 (valor de confiabilidad usado para la prueba estadística), por lo tanto, podemos indicar que las unidades de tratamiento no tienen diferencias significativas en cuanto a eficiencia se refiere.

Tabla 13

*Comparaciones múltiples entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de DBO<sub>5</sub>.*

Tratamiento (I)	Tratamiento (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD Tukey	Imhoff	Percolador	37.196	15.5677	0.118	-10.569	84.962
		Macrófitas	-1.693	15.5677	0.994	-49.459	46.072
	Percolador	Imhoff	-37.196	15.5677	0.118	-84.962	10.569
		Macrófitas	-38.890	15.5677	0.102	-86.656	8.876
	Macrófitas	Imhoff	1.693	15.5677	0.994	-46.072	49.459
		Percolador	38.890	15.5677	0.102	-8.876	86.656

En la tabla 13, se reportan la comparación de cada unidad de proceso de tratamiento con otro de manera detallada, generando 6 comparaciones entre los grupos, estos son: tanque Imhoff – filtros percoladores con un nivel de significancia 0.118, tanque Imhoff – nave de macrófitas con un nivel de significancia 0.994, filtros percoladores – tanque Imhoff 0.118, filtros percoladores – nave de macrófitas con un nivel de significancia 0.102, nave de macrófitas – tanque Imhoff con un nivel de significancia 0.994 y nave de macrófitas – filtros percoladores con un nivel de significancia 0.102. Todos estos valores son superiores al nivel de significancia establecido de 0.05, en consecuencia, estadísticamente las unidades de tratamiento son homogéneas y no existe diferencias significativas.

Tabla 14

*Análisis de varianza (ANOVA) entre las unidades de procesos de tratamiento en eficiencia de DQO.*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2491.249	2	1245.625	2.291	0.182
Dentro de grupos	3262.657	6	543.776		
Total	5753.906	8			

En la tabla 14, se visualiza la prueba de análisis de varianza elaborado con los resultados de eficiencia de la DQO, el nivel de significancia obtenida fue 0.182, superando el valor de confianza 0.05 (valor de confiabilidad usado para la prueba estadística), por lo tanto, se infiere que las unidades de tratamiento no tienen diferencias significativas en cuanto a eficiencia se refiere.

Tabla 15

*Comparaciones múltiples entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de DQO.*

Tratamiento (I)	Tratamiento (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD Tukey	Imhoff	Percolador	32.5833	19.0398	0.276	-25.836	91.002
		Macrófita	-4.9066	19.0398	0.964	-63.3263	53.512
	Percolador	Imhoff	-32.5833	19.0398	0.276	-91.0029	25.836
		Macrófita	-37.4900	19.0398	0.201	-95.9096	20.929
	Macrófita	Imhoff	4.9066	19.0398	0.964	-53.5129	63.326
		Percolador	37.4900	19.0398	0.201	-20.9296	95.909

En esta tabla 15, se evidencia la comparación de cada unidad de proceso de tratamiento con otro de manera disgregada, generando un total de 6 comparaciones entre los grupos, estos grupos son: tanque Imhoff – filtros percoladores con un nivel de significancia 0.276, tanque Imhoff – nave de macrófitas con un nivel de significancia 0.964, filtros percoladores – tanque Imhoff 0.276, filtros percoladores – nave de macrófitas con un nivel de significancia 0.201, nave de macrófitas – tanque Imhoff con un nivel de significancia 0.964 y nave de macrófitas – filtros percoladores con un nivel de significancia 0.201, todos estos valores son superiores al nivel de significancia establecido de 0.05, por lo tanto, las unidades de tratamiento son homogéneas y que no existe diferencias significativas.

Tabla 16

*Análisis de varianza (ANOVA) entre las unidades de procesos de tratamiento en eficiencia de Coliformes termotolerantes.*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	3096.863	2	1548.432	1.202	0.364
Dentro de grupos	7730.397	6	1288.399		
Total	10827.260	8			

En la tabla 16, se reporta la prueba de análisis de varianza elaborado con los resultados de eficiencia de la *Coliformes termotolerantes*. El nivel de significancia obtenida es igual a 0.364, superando valor de confianza de 0.05 (valor de confiabilidad usado para la prueba estadística), por lo tanto, podemos decir que las unidades de tratamiento no tienen diferencias significativas en cuanto a eficiencia de remoción de este parámetro se refiere.

Tabla 17

*Comparaciones múltiples entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de Coliformes termotolerantes.*

Tratamiento (I)	Tratamiento (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD Tukey	Imhoff	Percolador	40.7966	29.3075	0.402	-49.127	130.720
		Macrófitas	37.7233	29.3075	0.452	-52.200	127.647
	Percolador	Imhoff	-40.7966	29.3075	0.402	-130.720	49.127
		Macrófitas	-3.0733	29.3075	0.994	-92.997	86.850
	Macrófitas	Imhoff	-37.7233	29.3075	0.452	-127.647	52.200
		Percolador	3.0733	29.3075	0.994	-86.850	92.997

En esta tabla 17, se aprecia la comparación entre cada unidad de proceso de tratamiento con otro de manera detallada, obteniendo un total de 6 comparaciones entre los grupos, estos grupos son: Imhoff – filtros percoladores con un nivel de significancia 0.402, tanque Imhoff – nave de macrófitas con un nivel de significancia 0.452, filtros percoladores – tanque Imhoff 0.402, filtros percoladores – nave de macrófitas con un nivel de significancia 0.994, nave de macrófitas – tanque Imhoff con un nivel de significancia 0.452 y nave de macrófitas – filtros percoladores con un nivel de significancia 0.994. Todos estos valores son superiores al nivel de significancia establecido de 0.05, en consecuencia, las unidades de tratamiento son homogéneas y que no existe diferencias significativas.

#### **4.3. Influencia de la carga patógena (coliformes termotolerantes) en relación a la carga orgánica (DBO<sub>5</sub> y DQO) en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca - Perú.**

Para determinar la relación existente entre una y otra variables, se aplicó el diseño estadístico “regresión lineal simple”, haciendo uso de los resultados finales obtenidos de coliformes termotolerantes y DBO<sub>5</sub>, DQO.

### 4.3.1. Regresión lineal simple de coliformes termotolerantes y DBO<sub>5</sub>.

Tabla 18

*Resumen del modelo de regresión lineal simple entre los valores de coliformes termotolerantes y DBO<sub>5</sub>.*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0.731 <sup>a</sup>	0.535	0.488	9672728.91

a: predictor de la constante DBO<sub>5</sub>.

En la tabla 18, se observa un coeficiente de correlación (R) de 0.731, el cual se aproxima a la unidad, indicando una relación ligera entre las variables (coliformes termotolerantes y DBO<sub>5</sub>), además, el coeficiente de determinación (R cuadrado) es de 0.535, lo que significa que el 53.5% de la variabilidad en los coliformes termotolerantes puede explicarse mediante la variable DBO<sub>5</sub>.

Tabla 19

*Coefficientes del modelo de regresión lineal simple entre valores de coliformes termotolerantes y DBO<sub>5</sub>.*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	-3014359.2	3979077.66		-0.758	0.466
DBO	36611.08	10794.55	0.731	3.392	0.007

En la tabla 19, se observa los coeficientes de relación entre dos variables (Coliformes termotolerantes y DBO<sub>5</sub>) para determinar la ecuación de la regresión lineal, teniendo en cuenta el nivel de significancia es 0.007, el cual indica que existe una ligera probabilidad de que esta ecuación funcione para determinar la relación entre ambas variables, el valor -3014359.22 viene a ser la constante, es decir es el punto por el cual X (DBO) no tiene relevancia y el valor 36611.08 viene a ser el coeficiente de la ecuación como tal.

A continuación, mostramos la ecuación generada.

$$y = -3014359.22 + 36611.08 \times X \quad (5)$$

Donde:

- Y: Variable coliformes termotolerantes.
- X: Variable DBO<sub>5</sub>.

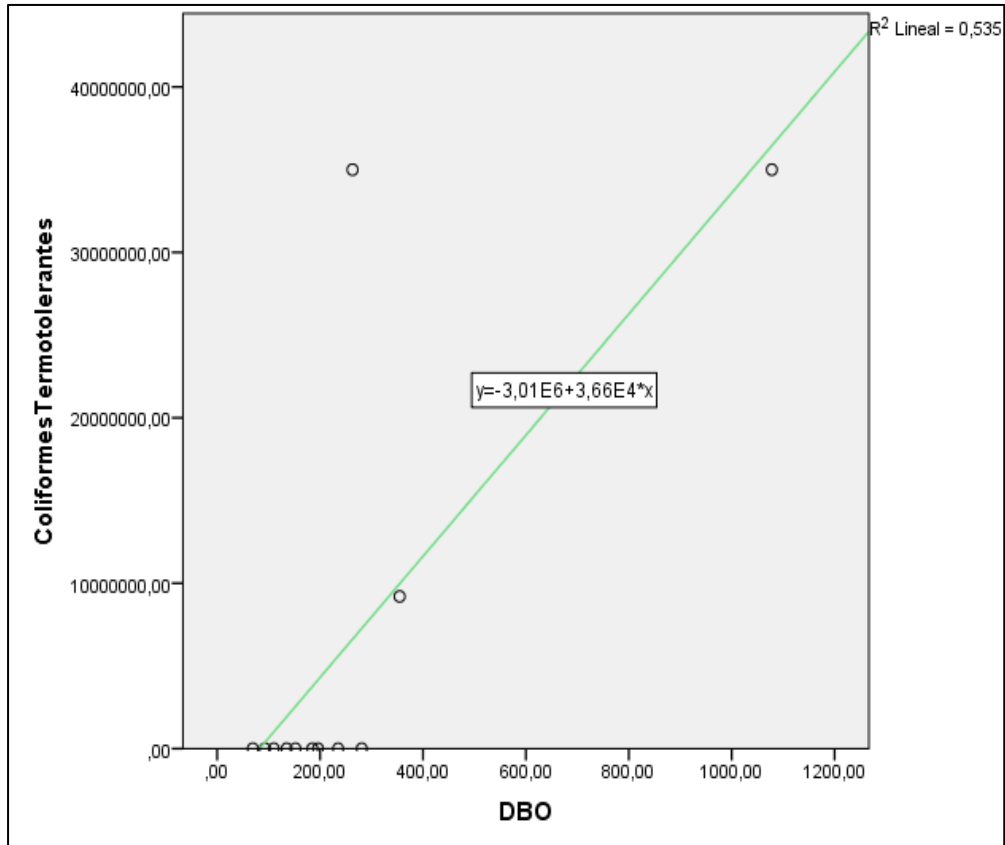


Figura 10. Ecuación de regresión lineal y línea de tendencia.

En la figura 10, observamos la línea de tendencia generada por los puntos de dispersión, a su misma vez tenemos la ecuación (5), el cual nos permite determinar la variable Y (coliformes termotolerantes), con  $R^2$  de 0.535, es decir que hay un 53.5% de probabilidad de que esta ecuación funcione correctamente.

### 4.3.2. Regresión lineal simple de la coliformes termotolerantes y DQO.

Tabla 20

*Resumen del modelo de regresión lineal simple entre los valores de coliformes termotolerantes y DQO.*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0.704 <sup>a</sup>	0.495	0.445	10078627.13

a: predictores de la constante DQO.

En la tabla 20, se observa un coeficiente de correlación (R) de 0.704, valor que se aproxima a la unidad, haciendo referencia a una ligera relación entre las variables (coliformes termotolerantes y DQO), además, el coeficiente de determinación (R cuadrado) es de 0.495, lo que significa que el 49.5% de la variabilidad en los coliformes termotolerantes puede explicarse mediante la variable DQO.

Tabla 21

*Coefficientes del modelo de regresión lineal simple entre valores de coliformes termotolerantes y DQO.*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	-4582182.92	4606203.69		-0.995	0.343
DBO <sub>5</sub>	22802.82	7281.86	0.704	3.131	0.011

En la tabla 21, se obtienen los coeficientes de la relación entre dos variables (Coliformes termotolerantes y DQO) para describir la ecuación que representa la regresión lineal, teniendo en cuenta que el nivel de significancia es 0.011, lo cual indica que existe una ligera probabilidad de que esta ecuación funcione para determinar la relación entre ambas variables, el valor -4582182.91 viene a ser la constante, es decir es el punto por el cual X (DQO) no tiene relevancia y el valor 22802.82 viene a ser el coeficiente de la ecuación como tal.

A continuación, mostramos la ecuación generada

$$y = -4582182.91 + 22802.82 \times X \quad (6)$$

Donde:

- Y: Variable coliformes termotolerantes.
- X: Variable DQO.

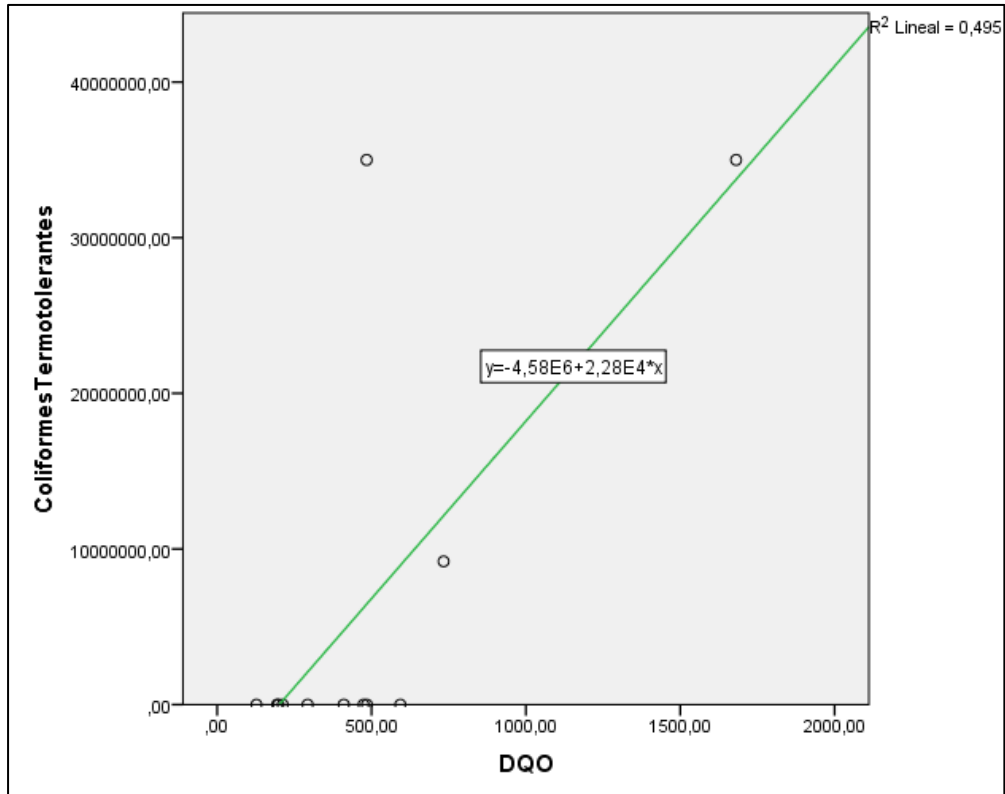


Figura 11. Ecuación de regresión lineal y línea de tendencia.

En la figura 11, se aprecia la línea de tendencia generado por los puntos de dispersión, a su misma vez tenemos la ecuación (6), el cual nos permite determinar la variable Y (coliformes termotolerantes), con  $R^2$  de 0.535, es decir que hay un 53.5% de probabilidad de que esta ecuación funcione correctamente.

### 4.3.3. Regresión lineal simple de la DQO y DBO<sub>5</sub>.

Tabla 22

*Resumen del modelo de regresión lineal simple entre los valores de DQO y DBO<sub>5</sub>.*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	0.987 <sup>a</sup>	0.974	0.971	70.88259

a: predictor de la constante DBO<sub>5</sub>.

En la tabla 22, se destaca un coeficiente de correlación (R) de 0.987, valor que se aproxima significativamente a la unidad, lo que denota una sólida relación entre las variables (DQO y DBO<sub>5</sub>), además, el coeficiente de determinación (R cuadrado) es de 0.974, lo que muestra que existe una probabilidad del 97.4% de que efectivamente exista una relación significativa entre ambas variables.

Tabla 23

*Coefficientes del modelo de regresión lineal simple entre valores de DQO y DBO<sub>5</sub>.*

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 (Constante)	90.119	29.159		3.091	0.011
DBO <sub>5</sub>	1.524	0.079	0.987	19.269	0.000

En la tabla 23, obtenemos los coeficientes de la relación entre dos variables (DQO y DBO<sub>5</sub>) para determinar la ecuación de la regresión lineal, teniendo en cuenta el nivel de significancia es 0.00, el cual indica que existe una alta probabilidad de que esta ecuación funcione para determinar la relación entre ambas variables, el valor 90.119 viene a ser la constante, es decir es el punto por el cual X (DBO<sub>5</sub>) no tiene relevancia, y el valor 1.524 viene a ser el coeficiente de la ecuación como tal.

A continuación, mostramos la ecuación generada.

$$y = 90.119 + 1.524 \times X \quad (7)$$

Donde:

- Y: Variable DQO.
- X: Variable DBO<sub>5</sub>.

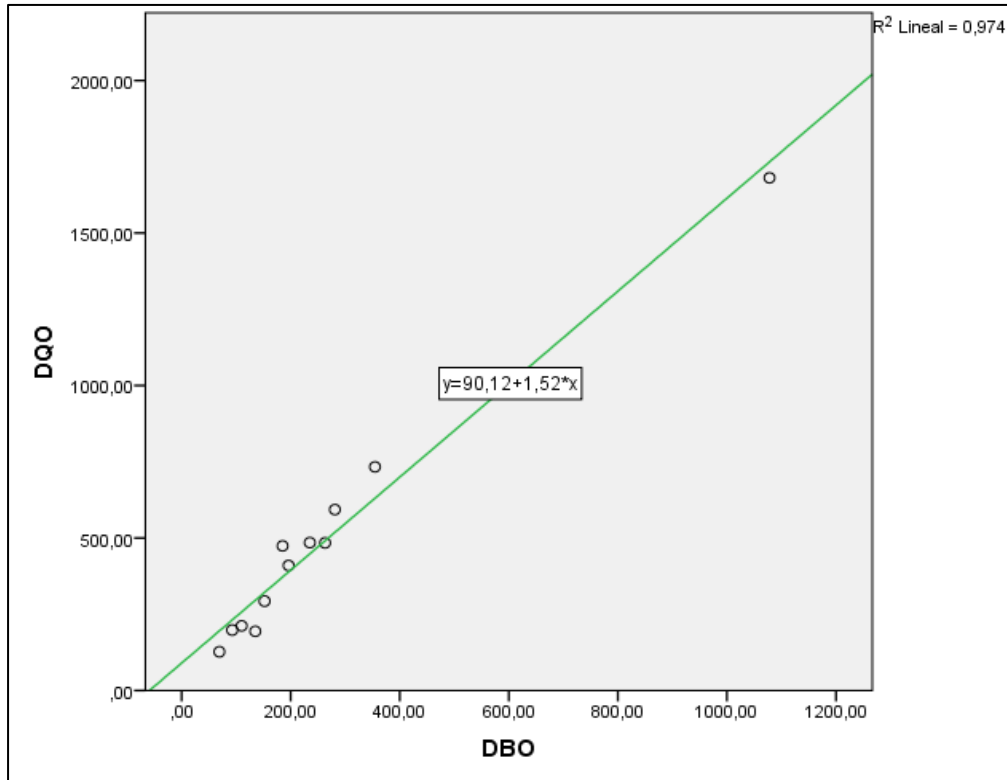


Figura 12. Ecuación de regresión lineal y línea de tendencia.

En la figura 12, evidenciamos la línea de tendencia generado por los puntos de dispersión, a su misma vez tenemos la ecuación (7), el cual nos permite determinar la variable Y (DQO) en relación a la variable X (DBO<sub>5</sub>), asimismo, tenemos un R<sup>2</sup> de 0.974, es decir que hay un 97.4% de probabilidad de que esta ecuación funcione correctamente.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones.

Se determinaron diversas concentraciones de los parámetros tanto iniciales como finales evidenciando notables reducciones: la DBO<sub>5</sub> disminuyó de 565.17 a 90.63 mg/L, la DQO redujo de 966.13 a 179.10 mg/L, los coliformes termotolerantes bajaron de 26400000 a 9.77 NMP/ 100 mL, en sólidos totales en suspensión disminuyeron de 513.33 a 43.53 mg/L y en aceites y grasas se redujeron de 33.60 a 2.63 mg/L. Todos estos valores finales, no sobrepasan lo establecido en los límites máximos permisibles del D.S. N°003-2010-MINAM.

En los cálculos efectuados, se pudo observar que en el tanque Imhoff se lograron eficiencias de remoción del 62.90 % en DBO<sub>5</sub>, 55.28 % en DQO, 99.99 % en coliformes termotolerantes, 54.58 %, en sólidos totales en suspensión y 88.89 % en aceites y grasas, para los filtros percoladores fueron de 11.76 % en DBO<sub>5</sub>, 11.06 % en DQO, 46.09 % en coliformes termotolerantes, 30.59 % en sólidos totales en suspensión y 46.43 % en aceites y grasas y en las naves de macrófitas se alcanzaron un 51.01 % en DBO<sub>5</sub>, 53.40 % en DQO, 97.81 % en coliformes termotolerantes, 73.10 % en sólidos totales en suspensión y -31.67 % en aceites y grasas; se destaca que la mayor eficiencia está en el tanque Imhoff, mientras que la menor en los filtros percoladores teniendo en cuenta que esta última está considerado según la norma OS.090 con una eficiencia del 50% a 90%, finalmente, como eficiencia general de la PTAR se tiene un 83.96% en DBO<sub>5</sub>, 81.46% en DQO, 99.99% en coliformes termotolerantes, 91% en sólidos totales en suspensión y 92% en aceites y grasas.

La relación entre la carga patógena (coliformes termotolerantes) y la carga orgánica (DBO<sub>5</sub> y DQO) tienen una probabilidad del 53.5 % y 49.5 % respectivamente, esto implica que la carga patógena no depende necesariamente por la cantidad de carga orgánica; más por el contrario, se evidencia una relación del 97.1 % entre la DQO y DBO<sub>5</sub>, esto quiere decir que el 97.1 % de la DQO, es explicada por la variable DBO<sub>5</sub>.

## **5.2. Recomendaciones.**

Se recomienda realizar monitoreos con muestras compuestas en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca e incrementar más parámetros, con la finalidad de mantener un seguimiento continuo al funcionamiento actual de las diversas unidades de tratamientos existentes en dicha planta y, de esa manera evitar sobrepasar los límites máximos permisibles.

Se sugiere analizar a profundidad los filtros percoladores y a su vez realizar el mantenimiento constante y regular, puesto que estas no están logrando la eficiencia para los cual han sido diseñadas. Así mismo, es crucial realizar el mantenimiento a las otras unidades de tratamiento al igual que los componentes correspondientes, para así de esta manera tener asegurada el rendimiento eficaz de toda la planta de tratamiento de aguas residuales.

Se sugiere fomentar más investigación de esta naturaleza, puesto que en caso tengan baja eficiencia, estas podrían contaminar el medio ambiente, principalmente al recurso hídrico y junto a ello a todo el habitad que ahí alberga. Así mismo, afectaría a las diferentes poblaciones y comunidades que habitan en las zonas rurales que se abastecen con aguas de subterráneas.

Se recomienda finalmente implementar plantas de tratamientos de aguas residuales con sistemas biológicos, esto sobre todo en poblaciones con cantidades mínimas de habitantes debido al costo – beneficio ya que en el monitoreo se obtuvieron niveles de tratamientos aceptables de remoción de parámetros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amambal Zambrano, J. (2023). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Contumazá*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5798>
- Apaza Mamani, R. A. (2021). *Eficiencia de los tratamientos biológicos en la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de San José provincia de Azángaro*. Azángaro - Perú.
- APHA - AWWA - WPCF. (2017). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (23 ed.). Madrid, España: Diaz de Santos.
- Aquino Lujan, K. D., & Barrientos Palomino, J. E. (2022). *Propuesta de mejoramiento integral para el tratamiento y uso de aguas residuales para reducir la contaminación proveniente de PTAR “el pedregal”, Chincha*. Lima - Perú.
- Arevalo Vasquez, L. E., & Villa Chasi, N. H. (2023). *Actualización de costos operativos y eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales rurales del Cantón cuenca*. Ecuador.
- ASTM D3921 - 96. (2014). Método de prueba estándar para aceites y grasas e hidrocarburos de petróleo en agua.
- Atoche, J. (2016). *Planta de tratamiento de aguas residuales para reuso en riego de parques y jardines en el distrito de Victor Larco Herrera, provincia, Trujillo, La Libertad*. Tesis, Universidad Privada Anterior Orrego, Trujillo.
- Auccatinco Hirpahuanca, R. (2021). *Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cusipata, provincia Quispicanchi – Cusco*. Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (2017). Informe técnico de los monitoreo de calidad de agua superficial en la Unidad hidrográfica Azángaro. Azángaro, Perú.
- Barrera, E. (2018). *DBO y DQO*. Buenos Aires - Argentina: HANNA instruments.

- Cabrera Gracia, L. A., & Zevallos Julca, L. A. (2019). Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Jaén. *Tesis*. Universidad Nacional de Jaén, Jaén - Perú.
- Callata Barrantes, J. C. (2021). *Evaluación y propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales de la localidad del distrito de Taraco–Huancané–Puno 2021*. Taraco - Perú.
- Cardona Zapata, Y. A. (2022). *Diagnóstico y evaluación del estado de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas – PTARD central del municipio de Guadalupe, Antioquia*. Antioquia - Colombia.
- Carrasco Lozada, D. S. (2022). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Moraspungo, Cantón Pangua, provincia de Cotopaxi*. Ambato - Ecuador.
- Cedron, O., & Cribilleros, B. (2017). *Diagnóstico del sistema de aguas residuales en salaverry y propuesta de solución*. Tesis, Trujillo.
- Centeno, C., & Quispe, M. L. (2021). *Coliformes totales y termotolerantes en las aguas termales de las piscinas del barrio San Cristobal - Huancavelica*. Huancavelica - Perú.
- Cueva Olano, C. M., & Garcia Diaz, R. E. (2021). *Evaluación de la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en una empresa minera, Cajamarca 2020*. Cajamarca - Perú.
- Custodio, M., & Cháves, E. (2019). *Evaluación del estado trófico del río Cunas mediante índices físicos, químicos y biológicos, en dos periodos climáticos-Junín, Perú*. Junín - Perú.
- Dagnino S., J. (2016). Análisis de varianza. *Revista Chilena de Anestesia*, 4.
- Diaz, P. (2018). *Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de la quebrada Chupishiña, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas y región San Martín*. Tesis, Tarapoto.

- EPA. (2010). *Método 1664: Material extraíble con n-hexano (HEM; aceite y grasa) y material extraíble con n-hexano tratado con gel de sílice (SGT-HEM; material no polar) por extracción y gravimetría* (Vol. B). Estados Unidos.
- Escalante, E., & Ruiz, E. (2016). *Evaluación de la infraestructura, operación y mantenimiento de tanques imhoff de la provincia de Cajamarca, 2016*. Tesis, Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Fernández Villagómez, G., Vázquez Borges, E., & Martínez Pereda, P. (2002). *Inhibidores del proceso anaerobio: compuestos utilizados en porcicultura*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Galarza, E., Cabrera, M., Espinosa, R., Espitia, E., Moulatlet, G., & Capparelli, M. (2021). Evaluación de la calidad de ecosistemas acuáticos amazónicos con múltiples líneas de evidencias: el caso de las estribaciones nororientales andinas del Ecuador. *B Environ Contam Tox*. doi:doi:10.1007/s00128-020-03089-0
- García, S., & Neyra, A. (2018). *Evaluación de la eficiencia del reactor biológico secuencial de biopelícula de la planta piloto-Fiar en el tratamiento de aguas residuales domésticas para su reúso en el riego de áreas verdes*. Tesis, Callao.
- Gómez Cabrera, L. A. (2020). *Evaluación Ex - Post de La Eficiencia de Tres Plantas de Tratamiento de Aguas*. Ecuador.
- Gonzales, H., Zabaleta, C., Devia, J., Moya, Y., & Afanador, O. (Diciembre de 2022). Efecto del riego con agua residual tratada sobre la calidad microbiológica del suelo y pasto King Grass. (I. Zenner de Polanía, Ed.) *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2015). *Metodología de la investigación* (sexta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Howe, K. J., & Hand, D. W. (2012). *Principles of Water Treatment*. Canada: Wiley.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Departamentos del Perú - Puno*. Lima.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Catálogo de base de datos 2023*. Lima.
- José Salas, J. (2020). *El modesto tanque Imhoff: fundamentos y diseño*. España: Fundación pública Andaluza CENTA.
- León, E. (2018). *Evaluación de la eficiencia de los biogestores en el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la localidad de Chibaya baja-Torata-Moquegua*. Tesis, Universidad Nacional Altiplano, Puno.
- López Ramírez, M. A., Castellanos Onorio, O. P., Lango Reynoso, F., Castañeda Chávez, M. R., Montoya Mendoza, J., Sosa Villalobos, C. A., & Ortiz Muñiz, B. (2021). *Oxidación avanzada como tratamiento alternativo para las aguas residuales. Una revisión*. México.
- López, C., Buitrón, G., García, H., & Cervantes, F. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño*. Reino Unido: IWA Publishing.
- Martelo, J., & Lara Borrero, J. (2020). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte*. Bogotá - Colombia.
- Martinez, M. (2016). *Eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín*. Cajamarca: universidad Nacional de Cajamarca.
- McCutcheon, S. C., & Schnoor, J. L. (2004). *Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants*. Environ Sci & Pollut. doi:<https://doi.org/10.1007/BF02980279>
- Mellado Delgado, G. (2019). *Determinación de la eficiencia de tres especies de macrófitas para el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Lima, Perú.
- Membrillo Paredes, J. A. (2022). *Determinación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la planta Cumani - Antauta*. Puno.
- Metcalf & Eddy, INC. (2000). *Ingeniería de aguas residuales (Tratamiento, vertido y reutilización)* (3ra ed., Vol. I). Madrid.

- Ministerio de Agricultura y Riego. (2017). Resolución Administrativa N° 100-2017-ANA-AAA-TIT-ALA.RM. *Mejoramiento y ampliación de los servicios de agua potable, alcatarillado y tratamiento de aguas residuales de la localidad de Caminaca, distrito de Caminaca, provincia de Azángaro, Puno*. Lima, Perú.
- Ministerio de salud. (2018). *Perú: Anemia y problemas gastrointestinales en niños menores de 5 años que accedieron a los establecimientos de salud por niveles de anemia, según departamento, provincia y distrito de origen*. Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2006). Decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA. *Reglamento nacional de edificaciones*. Lima, Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2009). *Decreto supremo N° 022 - 2009 - Vivienda "Norma técnica OS.090 - Plantas de tratamiento de aguas residuales" del reglamento nacional de edificaciones*. Lima.
- Ministerio de vivienda, construcción y Saneamiento. (2015). *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. Lima.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2015). Resolución ministerial N° 273-2013-VIVIENDA. *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). Decreto Supremo N° 030-2019-Vivienda - Reglamento nacional de edificaciones. Perú.
- Ministerio del ambiente. (2010). Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. *Límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento desiduales domésticas o municipales*. Perú.
- Miranda Delgado, R. G. (2021). *¿ Qué esperan los latinoamericanos de la democracia?. Un modelo de análisis de varianza (ANOVA)*. Agenda Internacional.
- Molina, M. (2015). *Propuesta de tratamiento de aguas residuales en industria láctea*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

- Municipalidad distrital de Caminaca. (2021). *Ubicación geográfica de las provincias de la región Puno*. Puno - Perú.
- Municipalidad distrital de Caminaca. (2017). *Mejoramiento y ampliación de los servicios de agua, potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la localidad de Caminaca, distrito de Caminaca-Azangaro-Puno*. Caminaca.
- Municipalidad Distrital de Caminaca. (02 de 2018). Expediente técnico de agua potable, alcantarillado y planta de tratamiento del distrito de Caminaca - provincia de Azángaro - Puno. Caminaca, Perú.
- Nevado Hernandez, G. L. (2022). *Evaluación y estudio de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Cayaltí en el departamento de Lambayeque 2020*. Chiclayo - Perú.
- Niquén Inga, M. I., Vasquez Garcia, A. C., Hinojosa Niquen, Y. A., & Niquen Inga, A. G. (2021). Impactos ambientales generados por vertimiento de aguas residuales urbanas de la ciudad de Tumbes - Perú. *RECIAMUC*, 5(3), 222-232. doi:10.26820/reciamuc/5.(3).agosto.2021.222-232
- Otero Ortega, A. (2018). *Enfoque la investigación*. ResearchGate. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/326905435>
- Palacin Oscanoa, A. D. (2021). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la unidad minera Chinalco, nueva ciudad de Morococha - 2019*. Huancayo - Perú. Obtenido de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8763/4/IV\\_FIN\\_107\\_TSP\\_Palacin\\_Oscanoa\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8763/4/IV_FIN_107_TSP_Palacin_Oscanoa_2021.pdf)
- Paricahua Huanca, E. R. (2018). *Evaluación de la operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Ayaviri, provincia de Melgar-Puno*. Tesis, Puno.
- Paucar, F., & Iturregui, P. (2020). Los desafíos de la reutilización de las aguas residuales en el Perú. *I(1)*. Obtenido de <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/599/659>

- Pilco Quinaluiza, C. J. (2023). *Evaluación del desinfectante hipoclorito de calcio como tratamiento en aguas residuales para disminuir la contaminación en la planta de tratamiento "el Artezón" del Cantón Píllaro*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24368>
- Ramos, I. (2019). *Propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas de la empresa-Joscana Sac, para se reuso en areas verdes*. Tesis, Piura.
- Rivera, A. (2017). *Caracterización del agua de la quebrada Naranjal para la gestión del servicio de abastecimiento de agua para consumo humano en la localidad Unión de Mamonaquihua-Cuñumbuqui, 2017*. Tesis, Universidad Peruana Union, Tarapoto.
- Ruiz, J., & Ruiz, J. (2019). *Determinación del impacto ambiental a consecuencia del vertimiento de aguas residuales al Río Patarta, como cuerpo receptor, distrito Santiago de Chuco-La Libertad*. Tesis, Trujillo.
- Saavedra, B. (2017). *Aplicación de macrófitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP*. Piura.
- Sancho, F., Rivera, L., & Arce, R. (2018). *Informe Regional América Latina y el Caribe - Foro Mundial del Agua*. Brasil: IDB.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2022). *Datos históricos - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología*. Perú. Obtenido de <https://web2.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>
- Silva Rodriguez, J. A. (2021). *La administración pública del agua en América Latina y El Caribe en tiempos de pandemia por COVID-19*. Área de innovación y desarrollo S.L.
- SMEWW-APHA-AWWA-WEF. (2017). Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Prueba de DBO de 5 días. En *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (23 ed.). Madrid: Diaz de Santos.
- SMEWW-APHA-AWWA-WEF. (2017). Demanda Química de Oxígeno, reflujo cerrado, método colorímetro. En *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (23 ed.). Madrid: Diaz de Santos.

- SMEWW-APHA-AWWA-WEF. (2017). Técnicas de fermentación de tubos múltiples para miembros del grupo de coliformes. Procedimiento de coliformes fecales. Prueba de tubos múltiples (medio EC). En *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (23 ed.). Madrid: Diaz de Santos.
- Solís Calderon, C. (2021). *Evaluación de la eficiencia del sistema alternativo de tratamiento de aguas residuales de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Costa Rica (SATAR-UNA) en la remoción de contaminantes microbiológicos*. Costa Rica.
- Sotil, H. (2017). *Análisis de indicadores de contaminación bacteriológica ( coliformes totales y termotolerantes) en el Lago de Moronacocha*. Universidad Científica del Perú, San Juan.
- SUNASS. (2022). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de las aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras*. Lima: Cooperación Alemana para el Desarrollo y la Cooperación - PROAGUA II.
- Sunass, & Proagua. (2015). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicio de saneamiento*. Lima: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) ; Cooperación Alemana, implementada por la GIZ Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (PROAGUA II).
- Tamay Chiluiza, K. B. (2022). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia San Andrés, Cantón Pillaro, provincia de Tungurahua*. Ambato - Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/35208/1/Tesis%20I.C.%201574%20-%20Tamay%20Chiluiza%20Karina%20Belen.pdf>
- Tumi Quispe, J., Silva Dueñas, M., Ticona Arapa, C., Sarmiento Mena, Á., & Tumi Figueroa, N. (2021). Conocimientos de la población de Puno-Perú sobre saneamiento y factores de contaminación del Lago Titicaca y su impacto en la salud humana y el ambiente. *Espacio abierto*, 30(3).
- Tusell, F. (2011). *Análisis de regresión. Introducción, teoría y práctica basada en R*. Bilbao.

- Urviola Avalos, Y. E. (2022). *Evaluación ecotoxicológica de los efluentes de la laguna de oxidación El Espinar, en la bahía interior del lago Titicaca de la ciudad de Puno*. Arequipa.
- Vargas, A., Calderón, J., Velásquez, D., Castro, M., & Núñez, D. (2020). Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(2), 315-322.
- Vargas, Z. (2016). La investigación aplicada : una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*.
- Vesilind, A., Eliassen, P., & Boswell, L. (2012). *Wastewater Treatment Plant Design Handbook*. Estados Unidos: Water Environment Federation.
- Vilca Enríquez , E. (2017). *Evaluación y propuesta de mejoramiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la localidad del distrito de Taraco, provincia de Huancané-Puno*. Tesis, Universidad Nacional Altiplano, Puno.

## ANEXOS

Anexo 1: Protocolo nacional de monitoreo RM N° 273 – 2013 - VIVIENDA



### Resolución Ministerial

N° 273-2013-VIVIENDA

Lima, 26 OCT. 2013

#### VISTOS:

Los informes N° 059-2013-VIVIENDA-VMCS-OMA y N° 002-2013-VIVIENDA/VMCS-OMA-UGIIA-RBC de la Oficina del Medio Ambiente del Viceministerio de Construcción y Saneamiento;

#### CONSIDERANDO:



Que, el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarios para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidos en dicha Ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32 de la Ley N° 28611, modificado por el Decreto Legislativo N° 1055, define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida, causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente;



Que, el numeral 4.1 del artículo 4 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM que aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR, establece que los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y que dicho Programa especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas, así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos;

Que, el numeral 4.3 del artículo 4 del citado Decreto Supremo dispone que sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI;

Que, el numeral 5.1 del artículo 5 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM establece que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que, los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo del citado

decreto supremo, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por este Sector;

Que, mediante Informe N° 059-2013-VIVIENDA/VMCS-OMA, la Oficina del Medio Ambiente del Viceministerio de Construcción y Saneamiento propone la aprobación del Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR, el cual cuenta con la opinión favorable del Ministerio del Ambiente; y,

En virtud de lo establecido en la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; el Decreto Supremo N° 002-2002-VIVIENDA, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y, el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, que aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales;



**SE RESUELVE:**

**Artículo 1.-** Aprobar el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales – PTAR; que en Anexo forma parte integrante de la presente Resolución.



**Artículo 2.-** Designar a la Oficina del Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento como responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, debiendo elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente, dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los titulares de las PTAR durante el año anterior, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 5.2 del artículo 5 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

**Artículo 3.-** Disponer que la Oficina del Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en el marco de sus funciones, coordine la supervisión y evaluación del monitoreo de efluentes de las PTAR.

**Artículo 4.-** Disponer que los titulares de las PTAR en un plazo máximo de ciento cincuenta (150) días calendario, contados desde el día siguiente de la publicación de la presente Resolución, identifiquen y adecúen los puntos de monitoreo y la infraestructura para la medición de caudales, conforme al Protocolo de Monitoreo aprobado.

**Artículo 5.-** Disponer que los titulares de las PTAR en un plazo máximo de ciento ochenta (180) días calendario, contados desde el día siguiente de la publicación de la presente Resolución, remitan el reporte inicial conforme al Capítulo 9.1 del



## Resolución Ministerial

Protocolo de Monitoreo. La ejecución del monitoreo e informe será posterior al reporte inicial y se realizará de acuerdo a la frecuencia aplicable.



**Artículo 6.-** Disponer que los titulares de las PTAR en un plazo máximo de ciento ochenta (180) días calendario, contados desde el día siguiente de la publicación de la presente Resolución, elaboren e implementen el "Plan de aseguramiento de la calidad del monitoreo", conforme al Capítulo 6.5.1 del Protocolo de Monitoreo, debiendo encontrarse disponible una copia de dicho Plan en el lugar de la PTAR.

**Artículo 7.-** Disponer la publicación del Protocolo de Monitoreo en el Portal Electrónico del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el mismo día de la publicación de la presente Resolución en el Diario Oficial El Peruano.



**Regístrese, comuníquese y publíquese.**

RENE CORREJO DIAZ  
Ministro de Vivienda,  
Construcción y Saneamiento

Oficina de Medio Ambiente (OMA)  
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)


**PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE  
LOS EFLUENTES DE LAS PLANTAS DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS O MUNICIPALES**



## INDICE

<b>1. Introducción</b>	<b>4</b>
<b>2. Antecedentes</b>	<b>4</b>
<b>3. Objetivos</b>	<b>4</b>
3.1 Objetivo General	4
3.2 Objetivos Específicos	4
<b>4. Marco Legal</b>	<b>5</b>
<b>5. Alcance y Aplicación del Protocolo</b>	<b>6</b>
<b>6. Metodología</b>	<b>6</b>
6.1 Puntos de Monitoreo	6
6.1.1 Agua residual cruda (afluente), entrada a la PTAR	6
6.1.2 Agua residual tratada (efluente), dispositivo de salida	6
6.1.3 Identificación del punto de monitoreo	6
6.1.4 Características del punto de monitoreo	7
6.2 Parámetros de Calidad	7
6.3 Frecuencia de Monitoreo	7
6.4 Desarrollo del Monitoreo	7
6.4.1 Preparación de materiales y equipos	8
6.4.2 Precauciones durante el monitoreo	9
6.4.3 Muestreo	9
6.5 Aseguramiento y Control de Calidad	11
6.5.1 Plan de aseguramiento de la calidad del monitoreo	12
6.5.2 Recolección de muestras	12
<b>7. Consideraciones Específicas</b>	<b>12</b>
7.1 Medición de Caudal	12
7.2 Verificación de la Eficiencia de la PTAR	13
<b>8. Registro y Procesamiento de Datos</b>	<b>13</b>
<b>9. Reporte de Monitoreo de Efluentes a ser enviado al MVCS</b>	<b>13</b>
9.1 Reporte Inicial	13
9.2 Reporte de Monitoreo	13
<b>10. Informe Anual de Resultados del Monitoreo</b>	<b>14</b>
<b>11. Supervisión y Evaluación</b>	<b>14</b>
<b>12. Glosario de Términos</b>	<b>14</b>
<b>13. Referencias</b>	<b>16</b>



El Peruano Lima, miércoles 17 de marzo de 2010	 NORMAS LEGALES	415675
de impuestos o de derechos aduaneros de ninguna clase o denominación.	implica necesariamente y según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;	
<b>Artículo 5°.-</b> La presente Resolución Suprema será refundada por el Presidente del Consejo de Ministros.	De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;	
Regístrese, comuníquese y publíquese.	DECRETA:	
ALAN GARCÍA PÉREZ Presidente Constitucional de la República	<b>Artículo 1°.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)</b>	
JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN Presidente del Consejo de Ministros	Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.	
469446-6	<b>Artículo 2°.- Definiciones</b> Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:	
<b>AMBIENTE</b>	- <b>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):</b> Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.	
Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales	- <b>Límite Máximo Permisible (LMP):</b> Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.	
<b>DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM</b>	- <b>Protocolo de Monitoreo.-</b> Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.	
EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA	<b>Artículo 3°.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR</b>	
CONSIDERANDO:	3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.	
Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;	3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.	
Que, el numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;	3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.	
Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;	3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.	
Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;	<b>Artículo 4°.- Programa de Monitoreo</b>	
Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permisible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;	4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.	
Que el artículo 14° del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28° el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios,		



4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

#### Artículo 5º.- Resultados de monitoreo

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

#### Artículo 6º.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

#### Artículo 7º.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

#### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

**Única.-** El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

#### ANEXO

#### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	de mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	de mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales Suspensión	en mL/L	150
Temperatura	°C	<35

469446-2

Designan responsable de brindar información pública y del contenido del portal de internet institucional del Ministerio

#### RESOLUCIÓN MINISTERIAL Nº 036-2010-MINAM

Lima, 16 de marzo de 2010

#### CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Legislativo Nº 1013, se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

Que, la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, cuyo Texto Único Ordenado fue aprobado por Decreto Supremo Nº 043-2003-PCM, tiene por finalidad promover la transparencia de los actos del Estado y regular el derecho fundamental del acceso a la información consagrado en el numeral 5 del artículo 2º de la Constitución Política del Perú;

Que, el artículo 3º de la citada Ley, señala que el Estado tiene la obligación de entregar la información que demanden las personas en aplicación del principio de publicidad, para cuyo efecto se designa al funcionario responsable de entregar la información solicitada;

Que, asimismo, de acuerdo a lo previsto en el artículo 5º de la mencionada Ley, las Entidades Públicas deben identificar al funcionario responsable de la elaboración de los Portales de Internet;

Que, mediante Resolución Ministerial Nº 070-2008-MINAM, se designó a la señorita Cristina Miranda Beas, como funcionaria responsable de brindar información que demanden las personas, y responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet del Ministerio del Ambiente;

Que, por razones del servicio y considerando la renuncia al cargo que desempeñaba en el Ministerio del Ambiente la servidora citada en el considerando precedente, resulta necesario designar al personal responsable de brindar información en el marco de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública y responsable del Portal de Internet Institucional;

Con el visado de la Secretaría General y de la Oficina de Asesoría Jurídica; y

De conformidad con lo establecido en el Decreto Legislativo Nº 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo Nº 043-2003-PCM; y el Decreto Supremo Nº 007-2008-MINAM que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente;

#### SE RESUELVE:

**Artículo 1º.-** Designar al abogado Hugo Milko Ortega Polar como Responsable de brindar la información pública del Ministerio del Ambiente y Responsable del contenido de la información ofrecida en el Portal de Internet Institucional, de conformidad con el Texto Único Ordenado de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo Nº 043-2003-PCM.

**Artículo 2º.-** Todos los órganos del Ministerio del Ambiente, bajo responsabilidad, deberán facilitar la información y/o documentación que les sea solicitada como consecuencia de lo dispuesto en el artículo precedente, dentro de los plazos establecidos en la normatividad vigente.

**Artículo 3º.-** Disponer que la presente Resolución se publique en el Diario Oficial El Peruano y en Portal de Internet del Ministerio del Ambiente.

**Artículo 4º.-** Notificar la presente Resolución a todos los órganos del Ministerio del Ambiente, al Órgano de Control Institucional y al responsable designado.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

469445-1

Anexo 3: Solicitud emitida al municipio de Caminaca para el ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales.

987001330

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

**SOLICITO: ACCESO A LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL  
DISTRITO DE CAMINACA.**

**SEÑOR:** Abg. RICHARD EDWIN CHARCA RODRIGUEZ  
Alcalde de la Municipalidad Distrital de Caminaca

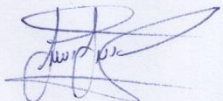
Yo, Luis Humberto Castro Pacara, Bachiller en ingeniería ambiental y forestal, identificado con DNI: N° 76447420 y con domicilio Jr. Hipólito Calla s/n B-3 Lt. 14 del distrito de San Miguel. Con el debido respeto me dirijo y expongo lo siguiente.

Que, con motivos de realizar un trabajo de investigación sobre monitoreo de aguas residuales y determinación de eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, **SOLICITO SE ME PUEDA DAR FACILIDADES AL ACCESO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE CAMINACA** durante los meses de **AGOSTO, SETIEMBRE, OCTUBRE Y NOVIEMBRE** del año en curso.

Conocedor de su espíritu colaborador, esperando su comprensión y acceso a mi petición, hago propicia la ocasión para expresarle las muestras de mis más sinceras consideraciones.

Juliaca, 19 de agosto del 2022

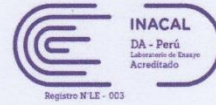
ATENTAMENTE:

  
.....  
Luis Humberto Castro Pacara  
DNI: 76447420

Anexo 4: Informe de ensayo del monitoreo realizado en septiembre.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-03033/22

Página 1/3

DATOS DEL CLIENTE	
Cliente	: CASTRO PACARA, LUIS HUMBERTO
Domicilio legal	: PSJ. HIPÓLITO CALLA MZ. B3 LT.14 – JULIACA – PUNO
Solicitado por	: PAZ LABORATORIOS S.R.L.

DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado <sup>(A)</sup>	: AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo	: PTAR - CAMINACA - AZÁNGARO - PUNO
Fecha de Muestreo	: 2022-09-11
Procedencia	: Proporcionada por el solicitante.
Cantidad recibida	: 4 muestras x 5 unidades x 0,7 L c/u
Presentación y condición de recepción	: En Frasco de Plástico Y Vidrio, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación y descripción <sup>(A)</sup>	: Según se indica.
Fecha de recepción	: 2022-09-12
Fecha de inicio del ensayo	: 2022-09-12
Fecha de término del ensayo	: 2022-09-15
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa / Laboratorio Microbiología Arequipa
Identificado con	: H/S 22008091 (EXMA-12856-2022)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para muestra descrita

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
	P-01	385221		
P-02	385221	8304655	-----	Altitud: 3825 m.s.n.m. Zona: 19L. T°: 19.4°C. pH: 7.80.
P-03	385228	8304648	-----	Altitud: 3825 m.s.n.m. Zona: 19L. T°: 17.7°C. pH: 7.60.
P-04	385222	8304632	-----	Altitud: 3825 m.s.n.m. Zona: 19L. T°: 22.5°C. pH: 7.70.

<sup>(A)</sup> Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**INFORME DE ENSAYO N° 2-03033/22**

Página 2/3

**RESULTADOS**

							Estación de Muestreo			
							P-01	P-02	P-03	P-04
							Fecha y Hora de Muestreo	Fecha y Hora de Muestreo	Fecha y Hora de Muestreo	Fecha y Hora de Muestreo
							Tipo de Muestra	Tipo de Muestra	Tipo de Muestra	Tipo de Muestra
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados				
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>										
Sólidos Suspendidos Totales	2,5	mg/L	241	62,5	11,2	<2,5				
<b>Parámetros Orgánicos</b>										
Aceites y Grasas	0,50	mg/L	6,60	5,70	1,60	3,10				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,00	mg/L	263	152	135	69,2				
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2,5	mg/L	484	293	194	127				
<b>Parámetros Microbiológicos</b>										
Coliformes Termotolerantes	1,8	NMP/100 mL	35 000 000	40	23	23				

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	< 2,00	183,5	198 ± 30,5 mg/L	134,7	133,4	1,01	<20%
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,50 mg O2/L)	< 2,50	104,4	85% - 115%	66,45	66,87	0,6	<20%
Sólidos Totales Suspendidos (LD: 2,5 mg/L)	< 2,5	102,2	85% - 115%	11,20	11,16	0,36	≤ 5%

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFMD ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
Aceite y grasas (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	100,95	78-114%	40,38	39,04	3,36	≤ 11%

BM: Blanco del Método  
 LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
 LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio  
 LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio  
 % RPD: Diferencia Porcentual Relativa

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA  
 Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
 Miraflores – Arequipa  
 T. (054) 265572

CALLAO  
 Oficina Principal  
 Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
 T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**INFORME DE ENSAYO N° 2-03033/22**

Página 3/3

**CONTROLES DE CALIDAD**

Parámetros Microbiológicos

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

**MÉTODOS**

**Aceites y Grasas:** EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non polar Material) by extraction and Gravimetry.

**Coliformes Termotolerantes:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. (Revisión 2022). 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (Revisión 2019). 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. (Revisión 2022). 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

**Sólidos Suspendidos Totales:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. (Revisión 2020). 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 04 de octubre de 2022

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.  
  
L.c. Eddie Mendoza Mamani  
C.Q.P. N° 776  
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

**"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"**

"Este documento ha sido emitido con firma digital"


AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

Anexo 5: Cadena de custodia del monitoreo realizado en septiembre.



**VCERPER**  
INSTRUMENTACIÓN PARA EL AGUA

**CLIENTE:** Luis Humberto Castro Pacaya  
**DIRECCIÓN LEGAL:**  
**TELÉFONO:** 950991576  
**LUGAR DE MUESTRO:** PTAR - Caminaca - Azángaro - Puno

**CONTACTO:** Elizabeth Cota  
**E-MAIL:** comercial@pazlaboratorios.com  
**CELULAR:** 950780507

**H/S:**  
**EXMA:** 12856 - 2022-01

**CADENA DE CUSTODIA PARA FOTOTIPO**  
**GEOREFERENCIA (UTM WGS 84)**

CODIGO DE ESTACION V/O MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE ENVASE		N° de Envases	PARAMETROS		ESTE	NORTE	
		FECHA DE MUESTRO	HORA DE MUESTRO		Altitud (m a.s.n)	Coord. (U.T.M)			
P-01	AR	11/09/22	10:26	5	Acetofenones	191	385221	8304663	
P-02	AR	11/09/22	10:55	5	DAG	191	385221	8304655	
P-03	AR	11/09/22	11:25	5	DAG	191	385228	8304648	
P-04	AR	11/09/22	12:00	5	DAG	191	385222	8304632	
<b>TOTAL</b>									

**VCERPER**  
**CERTIFICACIONES DEL FIEP S.A.**  
**12 SEP 2022**  
**DEPARTAMENTO DE MUESTRAS**  
**AREQUIPA**

**TIPO DE ENVASE:** P: FRASCO DE PLASTICO / VA: FRASCO DE VIDRIO AMBAR / W: WINKLER / BP: BOLSA DE PLASTICA  
**TIPO DE MUESTRA:** AB: AGUA RESIDUAL MUNICIPAL (ARM) // AGUA RESIDUAL DOMESTICA (ARD) // AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL (ARI) // AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: AGUA DE BEBIDA (AB) // AGUA DE PISCINA (AP) // AGUA DE LAGUNA ARTIFICIAL (ALA) // AGUAS SALINAS: AGUA DE MAR (AM) // AGUAS SALINAS: AGUA DE CIRCULACION O ENFRAMIENTO (ACE) // AGUA DE ALMACENAMIENTO PARA CALDERAS (ALC) // AGUA DE CALDERAS (AC) // AGUA DE LIXIVIACION (ALIX) // AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (ARI) // AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (APRI)

**DATOS DE MUESTRO**

Muestreado por: Luis Humberto Castro Pacaya  
 Fecha de finalización del muestro:  
 Hora de finalización del muestro:  
 Volumen filtrado (m<sup>3</sup>):  
 Área de Dredge (m<sup>2</sup>):  
 Flujo de muestro (m<sup>3</sup>/h):  
 Tiempo de muestro:



**CONDICION DE RECEPCION DE LA MUESTRA:**

En buen estado	SI	NO
Recipiente apropiado	SI	NO
Dentro del tiempo de conservación	SI	NO
Correctamente preservadas	SI	NO

RECIBIDO POR: Alessandro V. / Paul Abaza

**OBSERVACIONES:**

P-01 : T = 18.1 / PH = 8.10  
 P-02 : T = 19.4 / PH = 7.60  
 P-03 : T = 17.7 / PH = 7.60  
 P-04 : T = 22.5 / PH = 7.40

**RESPONSABLE DEL MUESTRO:**  
**FIRMA:**   
**HORA Y FECHA:** 12-09-22  
**FIRMA:**   
**HORA Y FECHA:** T. 4.8C RN-01/MI

DA-R-CCP  
 Version 02  
 04/07/2021

Anexo 6: Informe de ensayo del monitoreo realizado en octubre



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-03325/22

Página 1/3

DATOS DEL CLIENTE	
Ciente	: CASTRO PACARA, LUIS HUMBERTO
Domicilio legal	: PSJ. HIPÓLITO CALLA MZ. B3 LT.14 – JULIACA – PUNO
Solicitado por	: PAZ LABORATORIOS S.R.L.

DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado <sup>(A)</sup>	: AGUA RESIDUAL
Lugar de Muestreo <sup>(A)</sup>	: PTAR - CAMINACA - AZÁNGARO - PUNO
Fecha de Muestreo <sup>(A)</sup>	: 2022-10-16
Procedencia	: Proporcionada por el solicitante.
Cantidad recibida	: 4 muestras x 4 Litros
Presentación y condición de recepción	: En frascos de plástico, vidrio ámbar, refrigerados y preservados
Identificación y descripción <sup>(A)</sup>	: Según se indica.
Fecha de recepción	: 2022-10-17
Fecha de inicio del ensayo	: 2022-10-17
Fecha de término del ensayo	: 2022-10-22
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa / Laboratorio Microbiología Arequipa
Identificado con	: H/S 22009034 (EXMA-14562-2022)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para muestra descrita

Proyecto <sup>(A)</sup> :				
Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
P-01	385221	8304663	----	Altitud: 3 825 m.s.n.m. Zona: 19L T°: 15,5°C. pH: 8,42
P-02	385221	8304655	----	Altitud: 3 825 m.s.n.m. Zona: 19L T°: 14,9°C. pH: 7,49
P-03	385228	8304648	----	Altitud: 3 825 m.s.n.m. Zona: 19L T°: 16,9°C. pH: 7,57
P-04	385222	8304632	----	Altitud: 3 825 m.s.n.m. Zona: 19L T°: 13,7°C. pH: 7,50

<sup>(A)</sup> Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA  
Calle Tiente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**INFORME DE ENSAYO N° 2-03325/22**

Página 2/3

**RESULTADOS**

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo			
			P-01	P-02	P-03	P-04
			Fecha y Hora de Muestreo	Fecha y Hora de Muestreo	Fecha y Hora de Muestreo	Fecha y Hora de Muestreo
			2022-10-16 11:00	2022-10-16 11:15	2022-10-16 11:45	2022-10-16 12:05
			Tipo de Muestra			
			Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>						
Sólidos Suspendidos Totales	2,5	mg/L	189	182	171	88,8
<b>Parámetros Orgánicos</b>						
Aceites y Grasas	0,50	mg/L	93,3	4,70	3,90	4,10
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,00	mg/L	1 078	196	185	110
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	2,5	mgO2/L	1 681	410	474	212
<b>Parámetros Microbiológicos</b>						
Coliformes Termotolerantes	1,8	NMP/100 mL	35 000 000	2 200	1 300	4,5

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	BM < Limite Detección	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (LD: 2,00 mg/L)	< 2,00	226	198 ± 30,5 mg/L	1086	1071	1,39	<20%
Demanda Química de Oxígeno (LD: 2,50 mg O2/L)	< 2,50	111,3	85% - 115%	828	828	0,00	<20%
Sólidos Totales Suspendidos (LD: 2,5 mg/L)	< 2,5	100,7	85% - 115%	171,20	171,60	0,23	≤ 5%

Ensayos	BM < Limite Detección	LFB	Criterio de aceptación	LFM / ORP	LFMD ORP-DUP	RPD	Criterio de aceptación
Aceite y grasas (LD: 0,50 mg/L)	< 0,50	100,75	78-114%	40,30	40,60	0,74	≤ 11%

BM: Blanco del Método  
 LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
 LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio.  
 LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio  
 % RPD: Diferencia Porcentual Relativa

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA  
 Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
 Miraflores – Arequipa  
 T. (054) 265572

CALLAO  
 Oficina Principal  
 Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
 T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**INFORME DE ENSAYO N° 2-03325/22**

Página 3/3

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

**MÉTODOS**

**Aceites y Grasas:** EPA Method 1664, Revisión B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non polar Material) by extraction and Gravimetry.

**Coliformes Termotolerantes:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed.(Revision 2022), 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (Revisión 2019). 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. (Revision 2022). 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

**Sólidos Suspendidos Totales:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. (Revision 2020). 2017. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 27 de octubre de 2022

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.  
  
Lic. Eddie Mendoza Mamani  
C.O.P. N° 776  
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

**"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"**

"Este documento ha sido emitido con firma digital"


AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

Anexo 7: Cadena de custodia del monitoreo realizado en octubre.



**VICERPER**  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DEL PERU S.A.


CLIENTE: LUIS HUMBERTO CASTRO PACARA  
 DIRECCION LEGAL:   
 TELEFONO: 95099 1516  
 LUGAR DE MUESTRO: PIAR: CAMINACA - AZANGARO - PUNO

H/S:  
 EXMA: 14562-2022-01

CONTACTO: LUCERO ARAJO @VICERPER  
 E-MAIL: comerca13@peru.vicerper.com  
 CELULAR: 954702030

CADENA DE CUSTODIA PARA PROTOTIPO

CODIGO DE ESTACION Y/O MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE ENVASE		N° de Envases	PARAMETROS				GEOREFERENCIA(UTM WGS 84)			
		FECHA DE MUESTRO	HORA DE MUESTRO		Acetatos y grasas	DBOs	coliformes T	Sólidos Totales	ALITUD(m.s.n.m)	ZONA (K,L,M)	ESTE	NORTE
P-01	A.R	16/10/22	11:00	5	✓	✓	✓	✓	38225	19L	385221	8304663
P-02	A.R	16/10/22	11:15	5	✓	✓	✓	✓	38225	19L	385221	8304655
P-03	A.R	16/10/22	11:45	5	✓	✓	✓	✓	38225	19L	385228	8304648
P-04	A.R	16/10/22	12:05	5	✓	✓	✓	✓	38225	19L	385222	8304632
<b>TOTAL</b>				<b>20</b>								



**VICERPER**  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DEL PERU S.A.

17 OCT 2022

**DEPARTAMENTO**  
**AREA DE MUESTRAS**  
**AREQUIPA**

**TIPO DE ENVASE P:** FRASCO DE PLASTICO / VA: FRASCO DE VIDRIO AMBAR / PA: FRASCO DE PLASTICO AMBAR / W: WINKLER / BP: BOLSA DE PLASTICA

**TIPO DE MUESTRA:** AGUAS NATURALES: AGUAS SUBTERRANEAS (ASUP) // AGUA RESIDUAL: AGUA RESIDUAL DOMESTICA (ARD) // AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL (ARI) // AGUA RESIDUAL MUNICIPAL (ARM) // AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: AGUA DE BEBIDA (AB)

**AGUA DE PESCA (AP) / AGUA DE LAGUNA ARTIFICIAL (ALA) // AGUAS SALINAS: AGUA DE MAR (AM) / AGUAS SALOBRES (ASA) / SALINERA (SA) / AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (AIR) // AGUA DE PROCESO: AGUA DE CIRCULACION O ENRIQUECIMIENTO (ACE) / AGUA DE ALMACENAMIENTO PARA CALDERAS (ALC) / AGUA DE CALDERAS (AC) / AGUA DE URIVACION (AUR) / AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (ARI)**

**CONDICION DE RECEPCION DE LA MUESTRA:**

En buen estado	SI	NO
Recipientes apropiados	SI	NO
Dentro del tiempo de conservación	SI	NO
Contenedores preservados	SI	NO

**RECIBIDO POR:** A. Valencia / J. Areca

**OBSERVACIONES:**

P-01:	T = 15.3	pH = 8.42
P-02:	T = 14.9	pH = 8.149
P-03:	T = 16.9	pH = 8.131
P-04:	T = 13.3	pH = 8.150

**DATOS DE MUESTRO:**

Muestro por: LUIS HUMBERTO CASTRO PACARA

Fecha de finalización del muestro:

Volumen filtrado (m3):


Area de Daga (m2):

Flujo de muestro (m3/h):

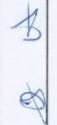
Tiempo de muestro:

**RESPONSABLE DEL MUESTRO**

08:00 17-10-22

FIRMA: 

**RECIBIDO POR:** A. Valencia / J. Areca

FIRMA: 

DA-R-CCP  
 Versión 02  
 04/10/2021

Anexo 8: Informe de ensayo del monitoreo realizado en noviembre.



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



## INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20269

N° Id.: 0000063946

### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
2.-DIRECCIÓN : CAL.OSCAR BENAVIDES NRO. 602 (CERCA A PLAZA DE YANAHUARA) AREQUIPA - AREQUIPA -  
YANAHUARA  
3.-PROYECTO : MONITOREO DE AGUA RESIDUAL DE LA PTAR CAMINACA  
4.-PROCEDENCIA : PTAR - CAMINACA - AZANGARO - PUNO  
5.-SOLICITANTE : PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000005852-2022-0000  
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA  
8.-MUESTREO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA  
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2022-11-29

### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua  
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 5  
2.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2022-11-14  
3.-PERÍODO DE ENSAYO : 2022-11-14 al 2022-11-29

Liz Y. Quispe Quispe  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 211662

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

**SEDE PRINCIPAL**  
Av. Guardia Chalaca 1877,  
Bellavista, Callao P (+511)  
7175810 / Anexo 112 Cel.:  
940 598 572  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

**SEDE ZARUMILLA**  
Prolongación Zarumilla Mz  
D2, Lt3, Bellavista, Callao  
P (+511) 7130636  
Cel.: 932646460  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

**SEDE AREQUIPA:**  
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR  
P (+073) 616843  
Cel.: 932646642  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

**SEDE PIURA:**  
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.  
Miraflores II Etapa - Ref. Costado  
del colegio San Ignacio de Loyola. P  
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

Pág.1 de 3

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20269**

**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

N° Id.: 000063946

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) <sup>2</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 23rd Ed. 2017.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliforms and E.coli.
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Acetles y Grasas <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Sólidos Suspendidos Totales <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. 2017	Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method

\*SMEWW\* : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

<sup>(1)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

**SEDE PRINCIPAL**  
Av. Guardia Chalaca 1877,  
Bellavista, Callao P (+511)  
7175810 / Anexo 112 Cel.:  
940 598 572  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

**SEDE ZARUMILLA**  
Prolongación zarumilla Mz  
D2, Lt3 , Bellavista, Callao  
P (+511) 7130636  
Cel.: 932646460  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

**SEDE AREQUIPA:**  
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR  
P (+073) 616843  
Cel.: 932646642  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

**SEDE PIURA:**  
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.  
Miraflores II Etapa - Ref. Costado  
del colegio San Ignacio de Loyola. P  
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

Pág.2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-20269

N° Id.: 000063946

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-22-65091	M-22-65092	M-22-65093	M-22-65094			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P - 01	P - 02	P - 03	P - 04			
COORDENADAS:	E:0385221	E:0385221	E:0385228	E:0385222			
UTM WGS 84:	N:8304663	N:8304655	N:8304648	N:8304632			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Efluente Industrial	Efluente Industrial	Efluente Industrial	Efluente Industrial			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	13-11-2022 12:00	13-11-2022 12:30	13-11-2022 13:00	13-11-2022 13:30			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) <sup>2</sup>	NMP/100mL	NA	1,8	9 200 000,0	240,0	14,0	<1,8
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	354,5	281,0	235,0	92,7
Acetils y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	0,90	0,80	<0,50	0,70
Sólidos Suspendedos Totales (*)	mg/L	2,0	5,0	1 110,0	455,0	303,3	39,3
Demanda Química de Oxígeno (*)	mg/L	2,0	5,0	733,4	593,2	484,9	198,3

<sup>1</sup>) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2</sup>) Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

**SEDE PRINCIPAL**  
Av. Guardia Chalaca 1877,  
Bellavista, Callao P (+511)  
7175810 / Anexo 112 Cel.:  
940 598 572  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)


**SEDE ZARUMILLA**  
Prolongación Zarumilla Mz  
D2, Lt3 , Bellavista, Callao  
P (+511) 7130636  
Cel.: 932646460  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

**SEDE AREQUIPA:**  
Mz. E Lt. 9 COOP SIDSUR  
P (+073) 616843  
Cel.: 932646642  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

**SEDE PIURA:**  
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.  
Miraflores II Etapa - Ref. Costado  
del colegio San Ignacio de Loyola. P  
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133  
[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

Pág.3 de 3

Anexo 9: Cadena de custodia del monitoreo realizado en noviembre.



**VCERPER**  
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

**CLIENTE:** Luis Humberto Castro Pacara  
**DIRECCION LEGAL:** Compuras Epez laboratorios.com  
**TELEFONO:** 950991576  
**CELULAR:** 950780507  
**LUGAR DE MUESTRO:** PIRAR CAMINACA - AZAÑAGARO - PUNO


**CONTACTO:** Henry Yucra  
**E-MAIL:** Compuras Epez laboratorios.com  
**CELULAR:** 950780507

**H/S:** 5852-2022-01  
**EXMA:** 5852-2022-01

**CADENA DE CUSTODIA PARA PROTOTIPO**

CODIGO DE ESTACION Y/O MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE ENVASE		PARAMETROS							GEOREFERENCIAMIENTO WGS 84		
		FECHA DE MUESTRO	HORA DE MUESTRO	Acetates y Cloruros	DBOs	Coliformes T	Coliformes F	Solubles Totales	Altitud(m.s.n.m)	ZONA (K.L.M)	ESTE	NORTE	
P-01	A.R	13/11/22	12:00	✓	✓	✓	✓	✓	3825	385221	8304663		
P-02	A.R	13/11/22	12:30	✓	✓	✓	✓	✓	196	385221	8304655		
P-03	A.R	13/11/22	13:00	✓	✓	✓	✓	✓	196	385228	8304648		
P-04	A.R	13/11/22	13:30	✓	✓	✓	✓	✓	3825	385222	8304632		
		<b>TOTAL</b>											



**VCERPER**  
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.  
4 NOV 2022  
DEPARTAMENTO AREA DE MUESTRAS AREQUIPA

**TIPO DE ENVASE:** P: FRASCO DE PLASTICO / VA: FRASCO DE VIDRIO AMBAR / PA: FRASCO DE PLASTICO AMBAR / W: WINKLER / BP: BOLSA DE PLASTICA  
**TIPO DE MUESTRA:** AGUAS NATURALES: AGUAS SUBTERRANEAS (ASUJ) // AGUA RESIDUAL: AGUA RESIDUAL DOMESTICA (ARD) // AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL (ARI) // AGUA RESIDUAL MUNICIPAL (ARM) // AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: AGUA DE BEBIDA (AB)  
**AGUA DE PISCINA (AP) / AGUA DE LAGUNA ARTIFICIAL (AA) // AGUAS SALINAS: AGUA DE MAR (AM) / AGUAS SALOBRES (ASA) / SALMUERA (SA) / AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (AIR) // AGUA DE PROCESO: AGUA DE CIRCULACION O ENFRIAMIENTO (ACE) / AGUA DE ALMACENAMIENTO PARA CALDERAS (AC) / AGUA DE CALDERAS (AC) / AGUA DE LIXIVIACION (ALX) / AGUA DE INYECCION Y REINYECCION (ARI)**

**CONDICION DE RECEPCION DE LA MUESTRA:**

En buen estado	SI	NO
Recipiente apropiado	SI	NO
Dentro del tiempo de conservación	SI	NO
Conservamiento preservado	SI	NO

RECIBIDO POR: A. Valencia / J. Apaza


**OBSERVACIONES:**

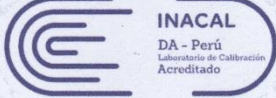
P-01	T = 18,1	pH = 8,41
P-02	T = 23,4	pH = 7,43
P-03	T = 17,1	pH = 7,41
P-04	T = 24,0	pH = 7,64

**RESPONSABLE DEL MUESTRO:** [Firma]  
**RESPONSABLE DE MUESTRAS / HORA Y FECHA:** 11:03 14-11-22  
**FIRMA:** [Firma]

DA-RCCP  
Versión 02  
04/10/2021

Anexo 10: Certificado de calibración del multiparámetro (pHmetro)

 LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC - 053

 INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Calibración  
Acreditado  
Registro N° LC - 053

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PL - FQ156 - 22 - 9**

*Página 1 de 3*

1. **SOLICITANTE** : E&L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.

2. **DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : Calle Zela 603-A, Arequipa - Arequipa - Yanahuara

3. **DATOS DEL EQUIPO:**

<b>INSTRUMENTO</b>	: Multiparámetro (pHmetro)	<b>SENSOR DE</b>	: Potencial de actividad de hidrógeno
<b>MARCA</b>	: WTW	<b>MARCA</b>	: WTW
<b>MODELO</b>	: Multi 3630 IDS	<b>MODELO</b>	: SenTix 940
<b>SERIE</b>	: 18451065	<b>SERIE</b>	: C212119030
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: EL/MUL/17 (*)	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: No indica
<b>INTERVALO DE INDICACIÓN</b>	: 0 a 14 unidades de pH (**)	<b>INTERVALO DE INDICACIÓN</b>	: 0 a 14 unidades de pH (**)
<b>RESOLUCIÓN</b>	: 0.01 unidades de pH		

4. **LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Laboratorio de Físicoquímica de Paz Laboratorios S.R.L.

5. **FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2022-09-23

6. **ORDEN DE TRABAJO:** CAL-0713-2022-9

7. **ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**


Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).


Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido de manera completa. Los extractos o modificaciones requerirán la autorización explícita de PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
Certificado sin la firma digital del jefe de laboratorio carece de validez.

Arequipa, 29 de septiembre de 2022

**Signatario autorizado:**



  
CHECYA BUSTINCIO JESUS  
EDUARDO  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
JEFE DE LABORATORIO  
j.checya@pazlaboratorios.com  
Fecha: 30/09/2022 17:23  
Firmado con www.tocapu.pe

Oficina: Calle Oscar Benavides N° 602, Yanahuara - Arequipa  
Celular: 953 766 470 | 959 010 230 | 950 780 507  
Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com  
www.pazlaboratorios.com

PL-LM-FOR-90 v00

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - FQ156 - 22 - 9

Página 2 de 3

**8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:**

Procedimiento "PC-020, Procedimiento para la calibración de medidores de pH" del Instituto Nacional de Calidad, Segunda Edición - Noviembre 2017.

**9. PATRONES DE REFERENCIA UTILIZADOS:**

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO / MRC	N° CERTIFICADO
Este instrumento es trazable a los patrones de LO JUSTO S.A.C.	Un termómetro digital con incertidumbre de 0.028 °C a 25 °C	<b>E1883-3382A-2022-1</b>
Materiales de Referencia Certificado trazables a los patrones de Inorganic Ventures	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0.018 unidades de pH	<b>R2-WCS693761</b>
	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0.012 unidades de pH	<b>T2-WCS714153</b>
	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0.023 unidades de pH	<b>P2-WCS684504</b>

Se utilizó un Baño Termostático con certificado E136-032A-2022-1.

**10. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)
Inicial	21.31	50.9
Final	21.97	49.6

Se usó un termohigrómetro con certificado: E410-644A-2022-1

**11. OBSERVACIONES:**

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo: Procedimiento "PC-020, Procedimiento para la calibración de medidores de pH" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" del Centro Español de Metrología (CEM), Primera edición - Septiembre 2008.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00325**

(\*) Información proporcionada por el cliente.

(\*\*) Información tomada del manual del equipo.

La resolución es la observada durante la calibración

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PL - FQ156 - 22 - 9

Página 3 de 3

**12. TOMA DE DATOS DEL AJUSTE:**

Valor certificado a 25 °C (pH)	Lectura del instrumento (pH)	
	Antes del ajuste	Después del ajuste
4.008	3.95	4.00
6.968	7.03	6.99
9.950	10.07	9.94

**13. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:**

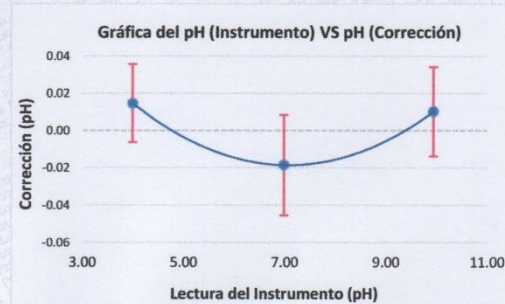
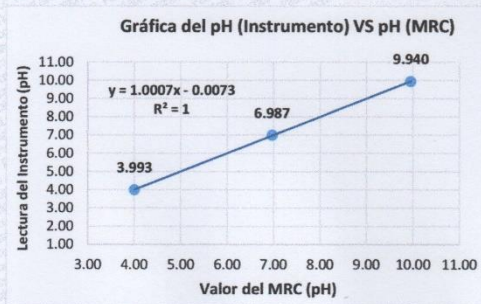
Valor certificado a 25 °C (pH)	Lectura del instrumento (pH)	Corrección (pH)	Incertidumbre (pH)
4.008	3.993	0.015	0.021
6.968	6.987	-0.019	0.027
9.950	9.940	0.010	0.024

**Nota 1:** La lectura del instrumento es el valor promedio de tres lecturas a una temperatura estabilizada de 25°C.

**Nota 2:** La profundidad mínima de inmersión fue de aproximadamente 5 cm.


**Nota 3:** El tiempo de estabilización promedio fue de 5 minutos.

**14. GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:**



\*\*\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*\*\*

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - TH145 - 22 - 9N

*Página 1 de 3*

**1. SOLICITANTE:** E&L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.

**2. DIRECCIÓN DEL CLIENTE:** Calle Zela 603 A, Arequipa - Arequipa - Yanahuara

**3. DATOS DEL EQUIPO:**

<b>INSTRUMENTO</b>	: Multiparámetro (Termómetro Digital)
<b>MARCA</b>	: WTW
<b>MODELO</b>	: Multi 3630 IDS
<b>SERIE</b>	: 18451065
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: EL/MUL/15 (*)
<b>INTERVALO DE INDICACIÓN</b>	: -5 °C a 70 °C (**)
<b>RESOLUCIÓN</b>	: 0,1 °C
<b>ELEMENTO SENSOR</b>	: Termistor
<b>LONGITUD DEL SENSOR</b>	: 10 cm

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Laboratorio de Temperatura y Humedad de Paz Laboratorios S.R.L.

**5. FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2022-09-29

**6. ORDEN DE TRABAJO:** CAL-0713-2022-9

**7. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**


Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).


Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido de manera completa. Los extractos o modificaciones requerirán la autorización explícita de PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
Certificado sin la firma digital del jefe de laboratorio carece de validez.

Arequipa, 29 de septiembre de 2022

**Signatario autorizado:**





CHECYA BUSTINCIO JESUS  
EDUARDO  
PAZ LABORATORIOS S.R.L.  
JEFE DE LABORATORIO  
j.checya@pazlaboratorios.com  
Fecha: 30/09/2022 09:08  
Firmado con www.tocapu.pe

Oficina: Calle Oscar Benavides Nº 602, Yanahuara - Arequipa  
Celular: 953 766 470 | 959 010 230 | 950 780 507  
Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com  
www.pazlaboratorios.com

PL-LM-FOR-90 v00

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PL - TH145 - 22 - 9N**

*Página 2 de 3*

**8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:**

Procedimiento: "PC-017 Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales " del Instituto Nacional de Defensa y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI-SNM), Segunda Edición - diciembre 2012.

**9. PATRONES UTILIZADOS:**

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Este equipo es trazable a los patrones de INACAL-DM	Indicador digital con dos sensores PT100 con incertidumbres desde 0,0166 °C hasta 0,0273 °C	LT-280-2021 LT-281-2021

Para la estabilización de la temperatura se utilizó un baño termostático con certificado: E136-032A-2022-1.

**10. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)
<b>Inicial</b>	21,36	26,3
<b>Final</b>	21,67	28,5

Se utilizó un termohigrómetro con certificado E410-644A-2022-1.

**11. OBSERVACIONES:**

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Procedimiento PC-017 Para la Calibración de Termómetros Digitales " y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.

Se colocó en el equipo una etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00325**

(\*) Información proporcionada por el cliente.

(\*\*) Información tomada del manual del equipo.

La calibración se realizó en el sensor de conductividad del multiparámetro

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - TH145 - 22 - 9N

Página 3 de 3

## 12. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:

Temperatura Convencionalmente Verdadera (°C)	Lectura del instrumento (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
4,93	4,9	0,03	0,08
14,97	14,9	0,07	0,08
30,04	30,1	-0,06	0,08

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) resulta de:  
 $TCV = \text{Lectura del instrumento} + \text{corrección}$

**Nota 1:** La profundidad de inmersión fue de aproximadamente 10 cm.

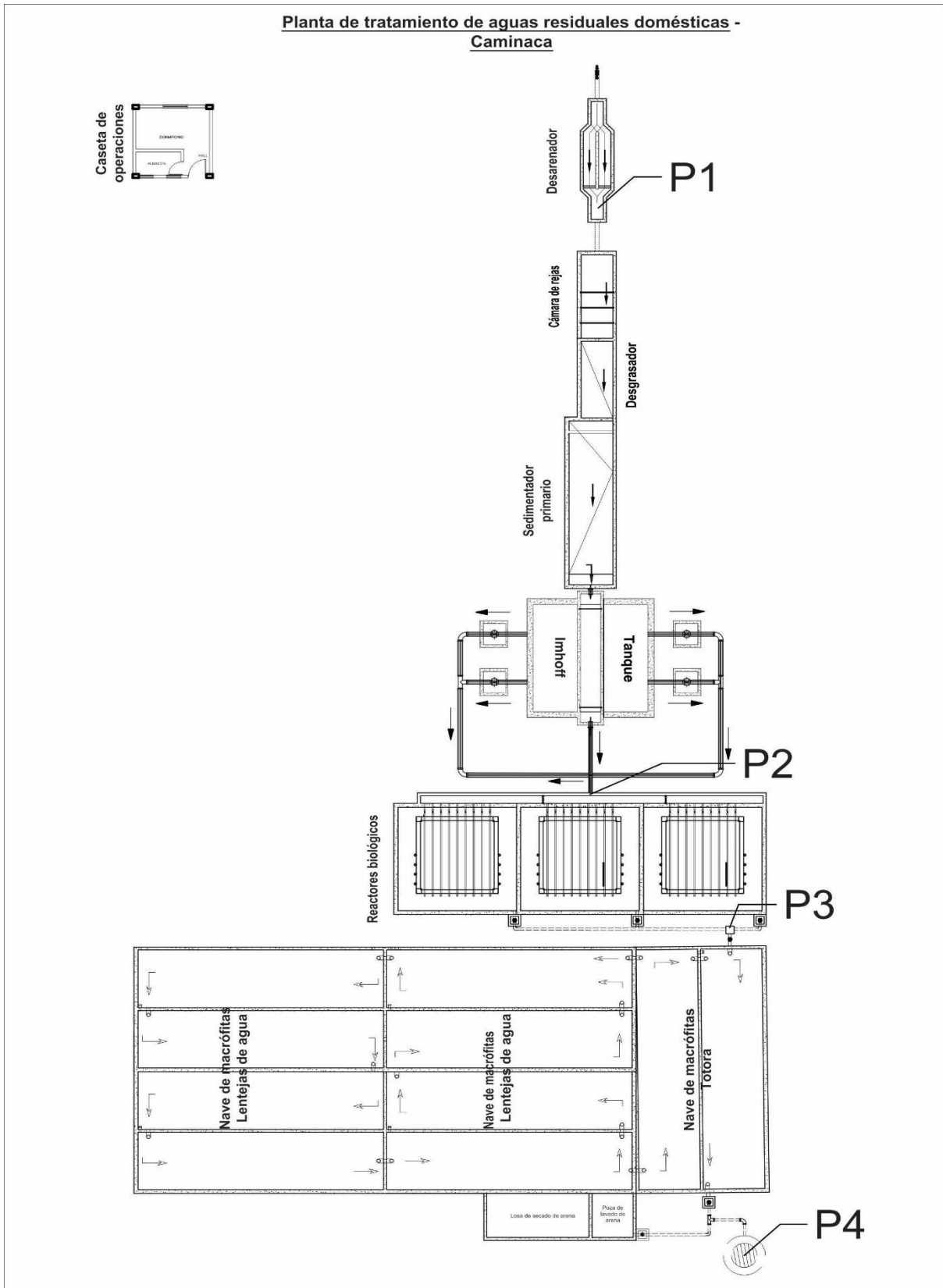
**Nota 2:** El tiempo de estabilización promedio fue de aproximadamente 10 min

**Nota 3:** El modelo del sensor es TetraCon 925 y su número de serie es 18021455

\*\*\*\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\*\*\*\*

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

Anexo 12: Planta de tratamiento de aguas residuales - Caminaca



Anexo 13: Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	
<b>Variable independiente</b>		P1	Unidad	Monitoreo	
Aguas residuales domésticas	Planta de tratamiento de aguas residuales	P2	Unidad	Monitoreo	
		P3	Unidad	Monitoreo	
		P4	Unidad	Monitoreo	
<b>Variable dependiente</b>	Tanque Imhoff	Eficiencia de remoción de la DBO <sub>5</sub>	%	Ecuación matemática de Eficiencia $E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$	
		Eficiencia de remoción de la DQO	%	Ecuación matemática de Eficiencia $E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$	
		Eficiencia de remoción de los coliformes Termotolerantes	%	Ecuación matemática de Eficiencia $E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$	
	Eficiencia de la planta de tratamiento.	Reactores biológicos	Eficiencia de remoción de la DBO <sub>5</sub>	%	Ecuación matemática de Eficiencia $E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$
			Eficiencia de remoción de la DQO	%	Ecuación matemática de Eficiencia $E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$
			Eficiencia de remoción de los coliformes Termotolerantes	%	Ecuación matemática de Eficiencia $E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$
	Laguna de macrófitas		Eficiencia de remoción de la DBO <sub>5</sub>	%	Ecuación matemática de Eficiencia $E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$
			Eficiencia de remoción de la DQO	%	Ecuación matemática de Eficiencia $E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$
			Eficiencia de remoción de los coliformes Termotolerantes	%	Ecuación matemática de Eficiencia $E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$

Anexo 14: Pruebas múltiples de Tukey y Duncan entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de DBO<sub>5</sub>.

	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey <sup>a</sup>	Percolador	3	11,0533
	Imhoff	3	48,2500
	Macrófitas	3	49,9433
	Sig.		0,102
Duncan <sup>a</sup>	Percolador	3	11,0533
	Imhoff	3	48,2500
	Macrófitas	3	49,9433
	Sig.		0,053

a: Tamaño de muestra

Anexo 15: Pruebas múltiples de Tukey y Duncan entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de DQO.

	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
HSD Tukey <sup>a</sup>	Percolador	3	12,1467
	Imhoff	3	44,7300
	Macrófitas	3	49,6367
	Sig.		0,201
Duncan <sup>a</sup>	Percolador	3	12,1467
	Imhoff	3	44,7300
	Macrófitas	3	49,6367
	Sig.		0,106

a: Tamaño de muestra

Anexo 16: Pruebas múltiples de Tukey y Duncan entre unidades de procesos de tratamiento en relación a eficiencias de Coliformes termotolerantes.

		N	<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>	
			1	
HSD Tukey <sup>a</sup>	Percolador	3	59,1933	
	Imhoff	3	62,2667	
	Macrófitas	3	99,9900	
	Sig.		0,402	
Duncan <sup>a</sup>	Percolador	3	59,1933	
	Imhoff	3	62,2667	
	Macrófitas	3	99,9900	
	Sig.		0,227	

a: Tamaño de muestra

Anexo 17: Análisis de varianza del modelo de regresión lineal simple entre los valores de coliformes termotolerantes y DBO<sub>5</sub>.

	<b>Modelo</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
1	Regresión	1076252390355644,6	1	1076252390355644,60	11,503	0,007 <sup>b</sup>
	Residuo	935616843841997,6	10	93561684384199,77		
	Total	2011869234197642,2	11			

Variable dependiente: Coliformes Termotolerantes

b. Predictores: (Constante), DBO<sub>5</sub>.

Anexo 18: Análisis de varianza del modelo de regresión lineal simple entre los valores de coliformes termotolerantes y DQO.

	<b>Modelo</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
1	Regresión	996081985343105,6	1	996081985343105,60	9,806	0,011 <sup>b</sup>
	Residuo	1015787248854536,6	10	101578724885453,66		
	Total	2011869234197642,2	11			

Variable dependiente: Coliformes Termotolerantes

b. Predictores: (Constante), DQO

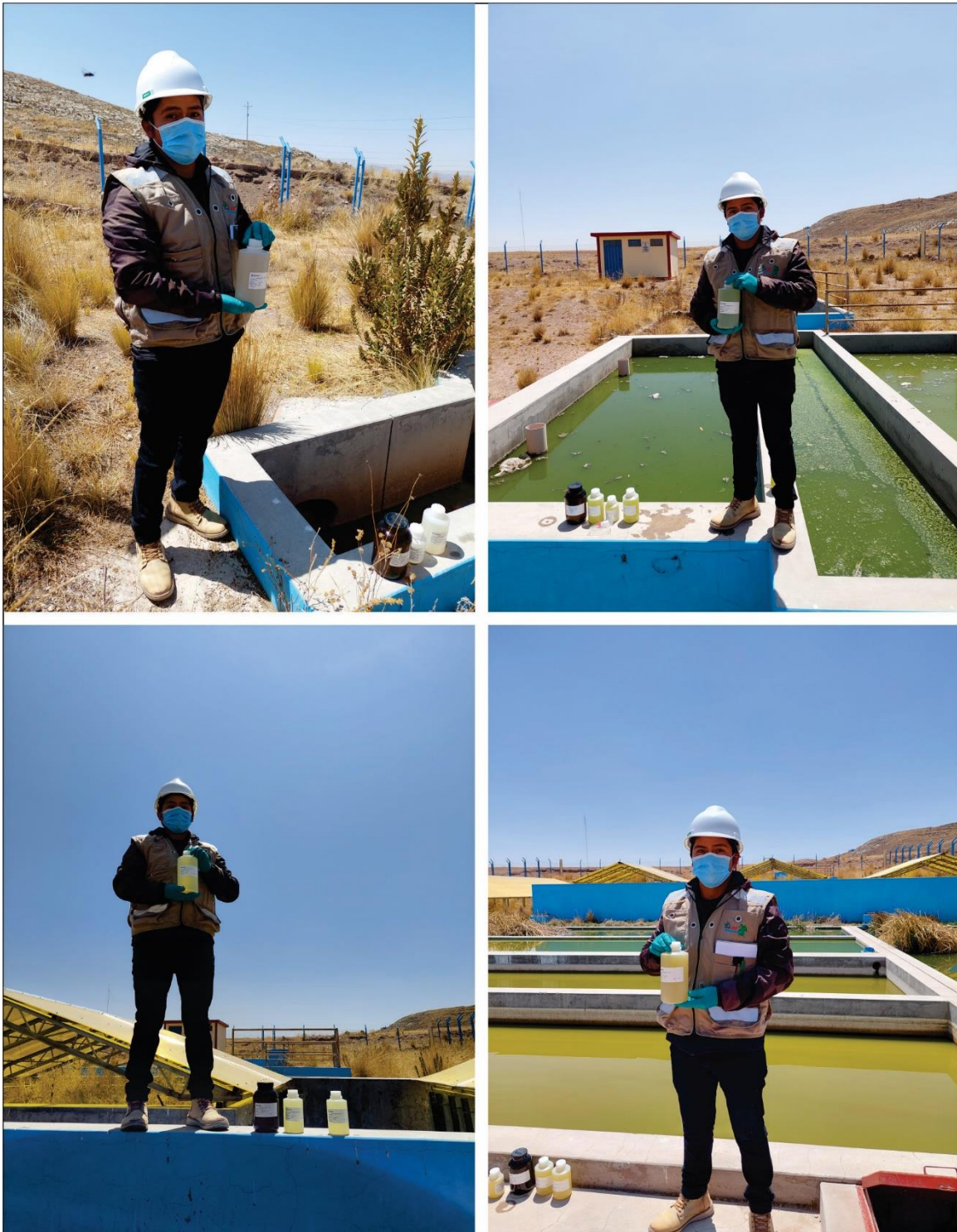
Anexo 19: Análisis de varianza del modelo de regresión lineal simple entre los valores de DQO y DBO<sub>5</sub>.

	<b>Modelo</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
1	Regresión	1865414,363	1	1865414,363	371,275	0,000 <sup>b</sup>
	Residuo	50243,417	10	5024,342		
	Total	1915657,780	11			

Variable dependiente: Coliformes Termotolerantes

b. Predictores: (Constante), DQO

Anexo 20: Panel fotográfico del monitoreo.



*Figura 13.* Muestras de agua residual tomadas en la planta de tratamiento de aguas residuales en Caminaca.



*Figura 14.* Puntos de monitoreo en la planta de tratamiento de Caminaca.



*Figura 15.* Planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Caminaca.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA**

*"Universidad Pública de Calidad"*